

# Tecnologia no setor de instrumentação biomédica\*

**André Tosi Furtado**

Departamento de Política Científica e Tecnológica do Instituto de Geociências da Unicamp

## INTRODUÇÃO

Atualmente, quando o governo brasileiro sob clara inspiração neoliberal abandona e rejeita a política estruturante da reserva de mercado, cabe refletir sobre o alcance e as limitações dessa política. Neste estudo pretende-se contribuir para sua avaliação, a partir da análise da indústria de instrumentação que, por sua diversidade e complexidade, é rica em ensinamentos sobre a relação entre as políticas e o ambiente produtivo em setores tecnologicamente dinâmicos.

Em primeiro lugar, é apresentada a forma como o setor de instrumentação foi enquadrado pela política de reserva de mercado. No segundo item são mostrados alguns estudos de caso realizados junto a quatro nichos de mercado no setor de instrumentação. Finalizando, são listadas algumas conclusões quanto aos impactos da política tecnológica desenvolvida pelo Estado na década de 80 sobre a capacitação da indústria brasileira nos segmentos de mercado estudados.

## O SETOR DE INSTRUMENTAÇÃO DENTRO DA POLÍTICA DE RESERVA DE MERCADO

A implantação da política de reserva de mercado teve início no segmento de minicomputadores quan-

do, em 1977, a Capre restringiu o acesso à produção desses equipamentos apenas para empresas nacionais. Posteriormente essa política estendeu-se ao conjunto de subsetores que tinham em comum incorporar ou produzir componentes básicos para a indústria de informática (microprocessadores e *software*). O conjunto era composto, basicamente, por minis, micros, periféricos, microeletrônica, robótica, controle de processo, *software* e instrumentação. A instrumentação foi efetivamente encampada pela reserva de mercado em 1983, através de portaria específica. O setor de instrumentação foi subdividido, pela SEI, em três segmentos: laboratório, biomédico e de teste e medição. Ocupar-nos-emos especificamente dos dois primeiros no desenvolvimento deste estudo.

A importância econômica desses dois segmentos na indústria de informática é, segundo a SEI, relativamente pequena (conforme tabela a seguir). A SEI contabilizava, porém, apenas empresas cadastradas junto a ela, apesar de, segundo informações de associações empresariais, atuar nos segmentos número muito maior de pequenas e médias empresas eletrônicas, as quais nem sempre incorporavam componentes informáticos.

Apesar de computado todo o universo conhecido das empresas produtoras de equipamentos eletrométricos e laboratoriais, chegou-se a cifra de pequeno tamanho — algo em torno de US\$ 200 milhões —

---

\* Trabalho apresentado no XVII Simpósio Nacional de Gestão da Inovação Tecnológica, realizado em São Paulo de 26 a 28 de outubro de 1992. O autor agradece a participação de Maria Beatriz Bonaccelli, Ivon Vogel e Ana Neri Pires Xavier, muito importante na realização da pesquisa de campo, os comentários de Leda Gitahy e dos relatores da Revista Cadernos IG/Unicamp, extremamente úteis para a versão final deste estudo.

Faturamento da Indústria de Informática por Principais Subsetores em 1988 e Subdivisão em Percentual do Faturamento do Subsetor de Instrumentação (Em Milhões de US\$)

Subsetor	Capital		
	Nacional	Estrangeiro	Total
Processamento de dados	1.509	956	2.465
Teleinformática	715	289	1.004
Automação industrial	309	—	309
Microeletrônica	210	138	349
Programação	131	97	228
Instrumentação digital	74	—	74
• Analítica	51,6%		
• Medição	30,9%		
• Biomédica	17,5%		
Total	2.948	1.480	4.428

Fonte: SEI

com relação à da indústria de informática, cujo faturamento total foi superior a US\$ 5 bilhões em 1989.

Não obstante, é interessante demonstrar o impacto da política de reserva de mercado em setores relativamente marginais, cuja importância é, todavia, fundamental na difusão de tecnologia microeletrônica para outros segmentos da economia, como no caso dos setores médico, industrial e científico. O tema também é rico em lições, à medida que nos esclarece variar o impacto das políticas em função de vários condicionantes, fundamentalmente:

- deslocamento das fronteiras tecnológicas internacional e nacional no nicho de mercado abordado;
- capacidades tecnológica e produtiva nacionais;
- apropriabilidade da tecnologia gerada por empresas líderes no mercado internacional;
- coerência e continuidade das políticas industrial e tecnológica governamentais.

### ESTUDOS DE CASO NOS SEGMENTOS DE INSTRUMENTOS DE LABORATÓRIO E MÉDICOS

O interesse e a relevância dos casos abordados para a análise dos impactos das políticas tecnológicas residem na extrema diversidade dos nichos de mercado do setor de instrumentação. Ambientes concorrenciais específicos condicionam trajetórias próprias de capacitação tecnológica das empresas nacionais. Conseqüentemente, os estudos de caso podem gerar

subsídios para a melhor compreensão dos fatores atuantes na relação das políticas com seus contextos técnico-econômicos.

Os casos estudados dizem respeito a equipamentos que incorporam componentes microeletrônicos, como microprocessadores e *software*. Contudo, nem todos os equipamentos analisados foram enquadrados pela lei de reserva de mercado. O Estado atuou nesses segmentos através de uma série de outros mecanismos, além da reserva de mercado:

- poder de compra, no caso de equipamentos médicos adquiridos pelo Inamps e por secretarias de saúde estaduais;
- regulamentações, que restringiram em maior ou menor medida a entrada de equipamentos importados no mercado interno;
- criação de centro de pesquisa na área de informática, o Centro Tecnológico de Informática (CTI), no início da década de 80, com a finalidade de gerar pesquisa e desenvolvimento tecnológicos especificamente para a área de informática;

• geração do Subprograma de Instrumentação do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT), na segunda metade dos anos 80, objetivando fomentar a atividade científica e tecnológica na área.

Esses mecanismos agiram diferenciadamente sobre os nichos de mercado abordados, nem sempre de maneira articulada e contínua.

Os nichos abrangidos pela pesquisa foram:

- instrumentos de laboratório complexos;
- marcapassos cardíacos;
- equipamentos de ultra-som;
- monitores e eletrocardiógrafos.

Esses segmentos foram escolhidos por serem considerados os de maior peso econômico dentro da indústria de instrumentação informática, assim como as empresas contempladas, na oportunidade em que a pesquisa foi realizada (1990).

#### Instrumentos de laboratório complexos

A implantação da indústria de equipamentos eletroeletrônicos para laboratório data da década de 70, com a adoção de progressivo processo de substituição de importações iniciado a partir de equipamentos menos complexos: colorímetros, espectrofotômetros, medidores de PH, fotômetros de chama. Estes eram

produzidos por empresas nacionais, enquanto outros, mais complexos, fabricados predominantemente por multinacionais. Elemento importante na evolução tecnológica do setor nesse mercado foi a rápida difusão da revolução microeletrônica, principalmente para os equipamentos mais complexos.

Prevalecendo-se da tendência à informatização desses equipamentos, em 1983 a SEI enquadrou na reserva de mercado os espectrofotômetros de absorção atômica, os espectrofotômetros auto-reguláveis e os cromatógrafos a gás ou a líquidos. Foram enquadrados, ainda, vários outros equipamentos que incorporavam microprocessadores, como balanças eletrônicas, bioanalísadores etc. Os produtos de elevado peso econômico e que requeriam maior grau de esforço tecnológico foram os primeiros, levando-nos a restringir nosso estudo de caso a essa classe de equipamentos.

A partir do enquadramento da SEI, as empresas multinacionais fabricantes parciais e comercializadoras de tais produtos — *Varian e Hewlett Packard* — deixaram o país, passando o mercado a ser ocupado exclusivamente por empresas de capital nacional. A experiência destas empresas na produção desses equipamentos demonstrou sérios limites no referente ao efetivo domínio da tecnologia e, até mesmo, à internalização do processo produtivo. Embora tenham realizado certo esforço para adquirir maior domínio sobre a tecnologia de processo e de produto com relação à situação anterior, parece haverem recorrido à importação, mais ou menos explícita, de tecnologia das multinacionais.

Analisando o comportamento da amostra estudada, observou-se entre as empresas nacionais fabricantes de espectrofotômetros de absorção atômica e cromatógrafos a gás e a líquido dois tipos de trajetórias que, contudo, tendem a convergir no final.

A primeira trajetória corresponde à adotada por uma empresa nacional, fundada por um imigrante europeu, que se destacava no mercado por possuir o domínio sobre a tecnologia de produção do cromatógrafo a gás. Havia patenteado o equipamento e o produzia no Brasil desde a década de 70. No entanto, ele era analógico. Com a difusão das tecnologias digital e microeletrônica, os cromatógrafos a gás foram digitalizados e a eles incorporados, rapidamente, microprocessadores para seu funcionamento. Posteriormente, esses equipamentos passaram a se integrar a sistemas informáticos — periféricos — para o tratamento das informações por eles geradas.

Essa empresa tentou, em uma primeira fase, no final da década de 70 e início da de 80, desenvolver as tecnologias digital e microeletrônica para seus equipamentos a partir de parceria com um instituto de pesquisa (Instituto Mauá) e uma universidade (USP). Essas experiências de desenvolvimento tecno-

lógico não surtiram os resultados esperados e, em face do fracasso dessas tentativas, a empresa decidiu transferir através de licenciamento versões mais atualizadas dos equipamentos, às quais já haviam sido incorporadas as tecnologias digital e microeletrônica. A mudança de rumo na estratégia da empresa ocorreu quando esse segmento era amparado pela política de reserva de mercado. Os periféricos informáticos, que desempenharam importante papel na reformulação desses equipamentos, não chegaram a ser produzidos no país. A empresa optou por importá-los e vendê-los com sua própria marca, juntamente com os demais produtos aqui fabricados.

A segunda trajetória de comportamento observada foi a adotada por duas empresas nacionais, cujas atuações vieram a preencher o vazio deixado com a saída das multinacionais em função da reserva de mercado. Essas empresas passaram a fabricar no país cromatógrafos e espectrofotômetros de absorção atômica a partir de, fundamentalmente, licenciamento e montagem de equipamentos das multinacionais que substituíram. Tais vínculos de exclusividade na transferência de tecnologia permitiram a essas empresas nacionais ultrapassar a fronteira tecnológica interna e o mercado brasileiro. Logicamente, essa transferência não ocorreu sem que houvesse esforço tecnológico por parte delas, principalmente porque a SEI exigiu a nacionalização da parte informática dos aparelhos. Embora existente, tal esforço foi bem menor do que o da empresa citada na primeira trajetória.

No final dos anos 80, mesmo com a política de reserva de mercado, observou-se crescente abandono do esforço tecnológico realizado pelas empresas nacionais em nível de adaptação tecnológica ou de nacionalização da produção. Tal fenômeno deveu-se ao rápido deslocamento da fronteira tecnológica internacional, tornando-lhes inviável a tentativa de dominar a tecnologia. Por um lado, a tecnologia de produto evoluiu a grande velocidade envolvendo produtos cada vez mais sofisticados e automatizados, como os periféricos informáticos dos cromatógrafos que não chegaram a ser produzidos no país. Por outro, as empresas nacionais produziam a preços muito superiores aos do mercado internacional, mostrando claramente os limites do processo de substituição de importações para equipamentos complexos em mercados pequenos.

Finalmente, a política do governo parece ter abandonado progressivamente a intenção de implantar uma indústria nacional de instrumentação laboratorial e médica. Recorreu-se, por exemplo, à liberação das importações de instrumentos científicos para instituições de pesquisa, inclusive os que poderiam ser fabricados no país. Tal liberação foi pressionada por usuários, principalmente da comunidade universitária, resultando na aprovação de uma lei que a desobriga de adquirir equipamentos nacionais.

## Marcapassos cardíacos

Durante a década de 70 o Brasil já havia desenvolvido importante mercado de marcapassos implantáveis. O porte, e a potencialidade, de crescimento desse mercado propiciaram a introdução de várias filiais de empresas multinacionais no país, em resposta ao esforço empreendido pela economia brasileira quanto à substituição de importações. As empresas multinacionais sempre detiveram a produção de marcapassos no Brasil, embora uma *joint venture* tenha sido constituída e posteriormente passada ao controle nacional.

A tecnologia de produção de marcapassos é extremamente complexa, de alta precisão e requer elevados padrões de confiabilidade. A tecnologia para a sua fabricação compreende dois níveis, ou seja, produção dos componentes (microprocessador, pilha e cápsula) e montagem. Apenas a etapa de montagem foi internalizada pelo sistema industrial local, requerendo certo grau de capacitação tecnológica, tanto na montagem do produto, que implica o uso de salas higienizadas e inúmeros e rigorosos sistemas de controle de qualidade, como na relação com o usuário (coleta de informações e treinamento). A concepção de tecnologias de processo e de produto, todavia, em geral era importada sob a forma de pacote.

É relevante destacar, os marcapassos não foram enquadrados pela reserva de mercado, embora o produto incorporasse microprocessador e *software*. As causas dessa aparente omissão referem-se, sem dúvida, a aspectos sociais e técnico-econômicos. As empresas multinacionais exerciam forte controle sobre a difusão da tecnologia ou, em outros termos, havia alto grau de sua apropriabilidade, principalmente pela elevada complexidade das tecnologias de produto e de processo. As multinacionais estavam pouco inclinadas a acordos de transferência de tecnologia para as nacionais, como ocorreu com os equipamentos de laboratório. Por outro lado, a classe médica, representando o consumidor quase-exclusivo do produto, resistiu fortemente a qualquer política que implicasse deslocamento da fronteira tecnológica interna, ou seja, que conduzisse à tentativa de domínio nacional da tecnologia a partir do uso de equipamentos menos atualizados. O reconhecido peso político da classe inibiu qualquer intenção da SEI de enquadrar tal nicho de mercado, no qual a atuação do Inamps, em sua posição de monopólio, era dominante.

Contudo, apesar de a política de reserva de mercado ter poupado o segmento, houve a tentativa de concepção de um marcapasso a partir de tecnologia nacional. A empresa anteriormente mencionada associou-se com o CTI, na forma de contrato, para que o setor de microeletrônica do Centro desenvolvesse o projeto de um novo modelo de microprocessador, componente central no equipamento. Esse ins-

tituto de pesquisa tecnológica desenvolveu o desenho do circuito conforme as especificações fornecidas pela empresa, contratou um fabricante no exterior para produzir o protótipo, testou o componente segundo padrões internacionais, chegando inclusive a homologar o projeto. Este processo de desenvolvimento durou três anos, mas a empresa, após haver bancado todos os custos, abandonou o projeto do marcapasso nacional, continuando a adquirir as tecnologias de produto e de processo e os componentes mais complexos de uma empresa norte-americana.

Esse recuo deveu-se, em certa medida, ao não-enquadramento do produto na reserva de mercado, o que propiciou às concorrentes multinacionais continuarem atualizando seus produtos, tornando o equipamento desenvolvido pela empresa nacional e pelo CTI quase-obsoleto. O risco associado ao lançamento de produto nacional em mercado no qual empresas multinacionais comercializavam suas marcas reconhecidas internacionalmente foi fator determinante para o abandono do empreendimento. A velocidade imprescindível ao deslocamento da fronteira tecnológica interna inviabilizou a tentativa de geração de tecnologia nacional.

## Ultra-sonógrafos

O mercado de equipamentos de ultra-som expandiu-se rapidamente no Brasil, desde os anos 70, sem que fosse constituída uma base produtiva local. No começo da década de 80, quando ainda não havia praticamente produção interna, a SEI enquadrou esse nicho na reserva de mercado. Algumas multinacionais preparavam-se para entrar no mercado, mas tiveram de desistir de seus projetos quanto a substituição de importações, gerando condições para que empresas nacionais pudessem iniciar a produção, protegidas da concorrência das estrangeiras nesse segmento.

Observamos, entre as empresas nacionais que se estabeleceram no mercado, duas diferentes estratégias que guardam certa semelhança com o percebido no segmento de laboratório.

A primeira delas foi observada em empresa fortemente estabelecida no setor cardiológico, cuja tecnologia era desenvolvida internamente a partir de estreito relacionamento com o meio universitário. Detentora da maior capacitação tecnológica entre as que atuavam no segmento dos produtos eletromédicos, a empresa direcionou-se para o desenvolvimento de equipamentos de ultra-som. Começou, em primeira fase, desenvolvendo equipamentos de tecnologia mais simples, os ultra-sonógrafos unidimensionais. A produção de tais equipamentos foi iniciada antes de a reserva de mercado atingir, em 1979, esse tipo de produto. Posteriormente, baseada em esforço tecnológico próprio, a empresa desenvolveu equipamento mais complexo, um ultra-sonógrafo bidimensional.

Esse equipamento mais sofisticado enfrentou sérios problemas de desenvolvimento. O período decorrido desde o início do projeto até o lançamento durou cinco anos. O aparelho enfrentou problemas técnicos mesmo após seu lançamento no mercado, demonstrando que a empresa e seus técnicos não haviam alcançado o suficiente domínio sobre as tecnologias de fabricação e de produto, apesar de vários dos componentes serem importados. O problema fundamental do equipamento era ter seu transdutor de varredura mecânica, montado no país pela empresa, desempenho totalmente insatisfatório. O aparelho, apesar de ter sido lançado no mercado, teve sua produção descontinuada.

O fracasso dessa estratégia de desenvolvimento resultou, por um lado, da complexidade tecnológica na fabricação do produto e, por outro, de insuficientes recursos destinados ao projeto pela empresa. Associada intimamente ao meio universitário, alocou recursos majoritariamente a áreas mais relacionadas às prioridades de seus fundadores físicos, em especial à de ótica, na qual a empresa também não foi bem-sucedida. Assim, com recursos humanos e materiais inadequados ao desafio a ser enfrentado para alcançar o domínio da tecnologia de equipamentos de ultra-som, não obteve êxito, mesmo tratando-se essencialmente de engenharia reversa. Estavam envolvidos no projeto de desenvolvimento apenas um engenheiro e dois técnicos. O projeto ainda enfrentou problemas pela drástica redução de recursos externos oriundos do Fippec, quando já estava em fase de protótipo final. Por outro lado, a tecnologia adotada pela empresa baseava-se em modelos da década de 70 e sofreu rápida obsolescência. O sistema de transdutor de varredura mecânica foi substituído por outro, de varredura eletrônica, mais confiável e principalmente mais leve. Inúmeras inovações foram adotadas nesse segmento, como a introdução de microprocessadores no tratamento da imagem, tornando esse equipamento nacional defasado tecnologicamente.

A segunda estratégia observada refere-se a duas empresas nacionais que adotaram esquemas de associação exclusiva com multinacionais. Tal procedimento permitiu-lhes a montagem de modelos simples de equipamentos das empresas estrangeiras no país. Esse tipo de associação foi apoiado pela SEI, à semelhança do ocorrido no âmbito dos equipamentos de laboratório. Os baixos índices de nacionalização e o incipiente domínio sobre a tecnologia, porém, levaram essa agência a não aprovar novos projetos. Dessa forma, as empresas nacionais não adotaram novos modelos, passando a exercer o papel de importadoras e fornecedoras de assistência técnica para equipamentos de ultra-som importados.

O caso desse nicho mostra, por um lado, que a tecnologia era de difícil dominação pelas empresas brasileiras. A que se lançou na aventura de desen-

volver equipamento de ultra-sonografia enfrentou graves problemas, apesar de se tratar de engenharia reversa de tecnologia desenvolvida na década de 70. Por outro, a fronteira tecnológica internacional deslocou-se rapidamente, colocando em questão tal tentativa.

Fator determinante desencorajou definitivamente as empresas nacionais a iniciarem a produção de novos equipamentos, ou seja, a existência de lei facilitando as importações do produto por hospitais públicos e filantrópicos, isentando-o de impostos. Assim, tornou-se mais interessante importar os equipamentos do que comprar os produzidos localmente, pois, além de tecnologicamente mais simples, incorriam em impostos e eram mais dispendiosos. Conseqüentemente, a tecnologia interna deixou de ser desenvolvida em função das importações, apesar do enquadramento do setor na reserva de mercado, certamente desestimulando a produção local. Também neste caso, é evidente a falta de coerência entre as políticas governamentais.

### **Equipamentos de monitoração cardiológica**

A produção de eletrocardiógrafos e monitores cardíacos no Brasil data de meados da década de 70. Ao contrário do que ocorreu com os outros nichos de mercado analisados anteriormente, a produção destes equipamentos era realizada, predominantemente, por empresas nacionais detentoras do controle da tecnologia. A principal empresa produtora, que exercia um quase-monopólio na fabricação desses aparelhos, foi abordada no item anterior com relação a sua tentativa de desenvolver um equipamento de ultra-som com tecnologia nacional. Essa empresa — uma Fundação — nasceu do meio acadêmico e manteve, por muito tempo, fortes vínculos com a pesquisa universitária.

Em função da difusão das tecnologias digital e informática, os equipamentos de monitoração da atividade cardíaca sofreram importantes transformações quanto a concepção, funcionamento e *design*. Essas modificações levaram a SEI a enquadrar tal família de produtos na reserva de mercado em 1983. Assim, foi criado espaço favorável ao desenvolvimento de equipamentos informáticos na área de cardiologia a partir de empresas nacionais.

No caso estudado, o ponto mais relevante foi a empresa principal do nicho não ter aproveitado as oportunidades abertas por reserva de mercado e rápido avanço tecnológico. Praticamente estagnou em termos de tecnologia de produto, pelas razões apontadas no tópico anterior. Atrasou-se na introdução de gerações de equipamentos mais avançados que incorporassem tecnologias digital e microeletrônica. Os modelos e seus aparelhos eram, durante quase toda a década de 80, semelhantes aos produzidos nos anos 70 e baseavam-se em tecnologia analógica.

Em função dessa falha da líder, algumas pequenas empresas começaram a se expandir, ocupando o espaço tecnológico constituído pelos aparelhos digitais e informáticos. A maioria dessas pequenas empresas guardava estreitos vínculos com a universidade através de seus fundadores, em geral oriundos do meio acadêmico, e pelo relacionamento existente entre fornecedor e usuário qualificado, de grande importância nessa área de instrumentação para localizar a demanda e introduzir melhoramentos ou adaptações nos equipamentos.

Entre as empresas emergentes da década de 80, o caso mais relevante e bem-sucedido foi um *spin-off* da empresa líder. Esta detinha forte capacidade em P&D e engenharia de produto e, à época da realização da pesquisa, apresentou uma estratégia de complexificação de seus produtos, entrando em segmento mais sofisticado do mercado composto por sistemas informatizados. Tratava-se de sistemas de monitoração informatizados, com valor comercial muito superior ao daqueles produzidos pelas outras empresas.

Embora algumas produtoras de equipamentos similares tivessem também desenvolvido produtos mais complexos, como monitores com vários canais e sistemas informatizados, ocupavam principalmente segmentos de menores porte e valor. No entanto, tais empresas realizaram esforço significativo na geração de novos produtos a partir de desenhos próprios. O segmento dos equipamentos de menor porte, de longe o mais importante no país, era ocupado tradicionalmente pela empresa líder do setor. Em resposta à concorrência das pequenas empresas, ela foi levada a lançar novas gerações de equipamentos, já na segunda metade da década de 80.

Somente no nicho de equipamentos de monitoração cardiológica a indústria nacional foi capaz de acompanhar e incorporar a tecnologia microeletrônica, sem perder, ou alcançando, o domínio quanto a desenho e concepção do produto. Nesse segmento de mercado as empresas nacionais conseguiram atingir suficiente domínio tecnológico para lançar produtos próprios e acompanhar, mesmo a certa distância, o deslocamento da fronteira tecnológica internacional.

A principal razão dessas empresas brasileiras terem atingido razoável domínio sobre a tecnologia, tornando-as aptas a produzir tais equipamentos, principalmente os mais simples, partindo de desenhos próprios e a preços considerados competitivos, não foi o menor dinamismo tecnológico, pois este ocorreu rapidamente no período, mas as menores barreiras tecnológicas à sua entrada no mercado. As tecnologias de ECG e monitores digitalizados ou até informatizados eram acessíveis às pequenas empresas. Provavelmente, o menor custo de desenvolvimento, comparativamente ao dos três casos já analisados, deveu-se às maiores standardização e proximidade com a tecnologia do setor de processamento de da-

dos. Havia poucos componentes ou desenhos específicos cujas tecnologias pudessem ser monopolizadas por empresas oligopolistas, como nos casos anteriores. Partes substanciais dos equipamentos mais complexos foram produzidas com a incorporação do domínio tecnológico adquirido pela indústria de processamento de dados.

## **POLÍTICA INDUSTRIAL E CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA**

Deste estudo sobre a indústria de instrumentação médica no Brasil conclui-se que, pela maneira como a política da reserva de mercado foi executada, seu impacto variou muito em função dos contextos específicos de cada nicho de mercado. Essa aparente variabilidade, contudo, indica a presença de fatores estruturais em nível da empresa, do setor e até mesmo da economia que conformam certas especificidades. Nos casos abordados, os fatores técnico-econômicos relacionados aos respectivos segmentos de mercado tiveram importância determinante. Tais fatores, normalmente descritos como setoriais, adquirem no âmbito de instrumentação contornos peculiares para cada nicho de mercado, tendo em vista a grande heterogeneidade tecnológica existente no setor.

Os fatores relacionados à dimensão tecnológica de maior importância são:

- velocidade de deslocamento das fronteiras tecnológicas nacional e internacional;
- apropriabilidade ou monopólio sobre a tecnologia;
- externalidades provenientes do transbordamento de capacitação tecnológica de outros setores.

O modo de atuação da política industrial e os resultados obtidos dependem, em grande medida, de como esses fatores influem em cada um dos contextos.

Nos quatro segmentos de mercado do setor de instrumentação estudados o resultado logrado pela política industrial, com o objetivo de constituir um parque de empresas nacionais que detivessem certo domínio sobre a tecnologia de produto, não foi satisfatório na maior parte dos casos. Em três dos nichos analisados (laboratório complexo, marcapassos e ultra-som) não foi atingido tal objetivo, embora algumas tentativas tivessem sido feitas nesse sentido. As empresas, apesar de nacionais por força da aplicação da reserva de mercado em dois segmentos (laboratório complexo e ultra-som), continuaram importando tecnologias de produto e de processo de multinacionais, conseguindo fraca absorção da tecnologia transferida. Foi significativo observar que, apesar de esses nichos haverem sido enquadrados pela reserva de mercado, as empresas enfrentaram dificuldades crescentes para desenvolver desenhos próprios.

Quanto aos marcapassos, mesmo sem o enquadramento na reserva de mercado, verificamos dificuldade semelhante das empresas brasileiras na tentativa de desenvolver tecnologia própria.

O estudo desses casos mostrou que a reserva de mercado, ao restringir a entrada de empresas multinacionais, não alterou as estratégias de capacitação tecnológica das locais. As estratégias predominantes nos nichos de laboratório complexo e ultra-som, enquadradas pela reserva, não diferiram das do segmento de marcapassos, não atingido por ela. Por outro lado, o rápido desenvolvimento tecnológico internacional, e em alguns casos o nacional, aliado ao difícil acesso à tecnologia tornaram inviáveis as tentativas de produzir equipamentos a partir de desenhos próprios.

Somente nos nichos de ECG e monitores a política governamental parece haver logrado que as empresas nacionais alcançassem certo domínio sobre a tecnologia de produto, a partir de seus próprios projetos. O relativo sucesso deste nicho específico não se deveu ao desenvolvimento tecnológico ocorrido interna e externamente de forma menos intensa. O que realmente aconteceu foi o acesso à tecnologia menos apropriável por sua maior standardização, principalmente no referente a componentes, e o fato desse segmento usufruir da capacitação tecnológica existente no setor de processamento de dados. Nos demais nichos a apropriabilidade de tecnologia era maior, dada a forte presença de pacotes tecnológicos fechados e componentes dedicados.

Portanto, nosso estudo apontou os claros limites da política de reserva de mercado no sentido de alcançar seu objetivo principal, ou seja, a constituição de um parque de empresas nacionais aptas a desenvolver tecnologia e capazes de acompanhar, mesmo a certa distância, o deslocamento da fronteira tecnológica internacional.

A possibilidade de um país semiperiférico ingressar no campo dos produtores e geradores de tecnologia depende, em grande medida, de como a fronteira tecnológica comporta-se em determinados setores e segmento de mercado e do grau de apropriabilidade de certas tecnologias sensíveis. Em três dos segmentos de mercado analisados houve maior dificuldade para as empresas nacionais implantarem-se com um mínimo de domínio sobre as tecnologias de processo e de produto. Eram justamente as empresas com menor standardização. As barreiras à entrada em segmentos altamente dinâmicos tecnologicamente, nos quais as escalas mínimas de produção não são significativas, situam-se em nível da apropriabilidade da tecnologia, muito associada à standardização dos componentes e à utilização da capacidade tecnológica de setores afins. O exemplo do sucesso inicial da política de reserva de mercado está marcadamente associado à standardização dos componentes e mes-

mo do *software*,<sup>9</sup> ainda mais facilmente reproduzível e adaptável, propiciando tornar os microcomputadores uma *commodity*.

A concepção veiculada pelos teóricos do *leapfrogging* (Schmitz & Cassiolato, 1992) baseia-se no pressuposto de que o **pulo** dos retardatários seria mais factível e promissor no início da trajetória de um novo paradigma tecnológico ainda em gestação e com tecnologias menos standardizadas. Tal concepção evolucionista de uma tecnologia possui claras raízes no pensamento schumpeteriano sobre ciclos longos da economia relacionados à evolução de determinado conjunto de inovações tecnológicas. A realidade da emergência do atual paradigma tecnológico baseado na microeletrônica, porém, está recolocando em questão esse esquema de análise. A standardização, associada às etapas mais maduras, depende cada vez mais de oportunidades oferecidas pelo mercado, do que da fase evolutiva de determinada tecnologia. Assim, segmentos da indústria de instrumentação, mesmo sofrendo rápida evolução tecnológica, possuem diferentes graus de standardização. Por outro lado, e de forma mais relevante, quanto maior o grau de standardização é menor a apropriabilidade pelos inovadores de uma tecnologia, ou seja, menores são as barreiras de entrada aos países *late-commers*. No entanto, nos casos estudados o sucesso dos *late-commers* dependeria da velocidade de deslocamento da fronteira tecnológica. Com essa velocidade aumentada, mais difíceis as possibilidades de sucesso para esses países, desde que outras condições permaneçam inalteradas. Essa constatação, emanada da observação da experiência da política de reserva de mercado, é contraditória com relação à tese do *leapfrogging*.

Contudo, mesmo considerando o relativo fracasso da política de reserva de mercado, não deve ser omitido que sem ela o esforço tecnológico, tanto das empresas nacionais como das multinacionais, seria ainda menor. Esse esforço, apenas, não foi suficiente para o enfrentamento dos desafios colocados às empresas em termos de capacitação tecnológica.

Como foi destacado, os fatores tecnológicos relacionados ao contexto de cada nicho de mercado são de fundamental importância para o entendimento da evolução das políticas adotadas. Existem, porém, macrofatores atuando decisivamente, fundamentais para a compreensão do impacto das políticas em contextos específicos e em nível global.

No caso brasileiro, e sem dúvida no de muitos outros países semi-industrializados, existem grandes contradições entre os projetos do governo e as motivações dos empresários, assim como dentro de cada um desses grupos. Embora o governo manifeste a vontade de incentivar o desenvolvimento de tecnologia no país, o empresariado nacional não está propenso a arcar com o custo e o risco de gerar tecno-

logia. A essa constatação, que permeia as relações entre empresários e governo, sobrepõe-se outra, segundo a qual não há grande coerência entre as ações governamentais. A SEI, ligada à Secretaria de C&T, estava desvinculada de outras instâncias que desempenhavam papel central para o setor de instrumentação, como o Inamps. O Estado, neste sentido, não é dotado de vontade orgânica, mas reflete as contradições da sociedade. Essa constatação ficou patente no segmento de marcapassos, não atingido pela reserva de mercado. Embora tenham havido tentativas de desenvolvimento tecnológico local, o setor enfrentou problemas, inclusive nos segmentos de ultra-som e equipamentos de laboratório, nos quais determinadas leis facilitaram as importações.

Em certos segmentos ficou evidenciada a falta de discernimento nas opções referentes ao desenvolvimento tecnológico feitas por empresas nacionais, como em equipamentos de ultra-som. Neste sentido, teria sido importante que o Estado, além da política defensiva de reserva de mercado, gerasse externalidades objetivando subsidiar as empresas quanto a opções tecnológicas adequadas e apoiar os seus esforços de desenvolvimento com financiamentos, incentivos fiscais ou até venda de tecnologia. Como ilustração desse aspecto da política de reserva de mercado é importante salientar que o CTI não contou com suficiente apoio financeiro para atender às demandas tecnológicas das empresas do setor de informática.

Portanto, a idéia de ter havido com a política de reserva de mercado, pela primeira vez no Brasil, um casamento entre as políticas tecnológicas explícita e implícita não é verdadeira. Embora tenha ocorrido a tentativa de coordenação das políticas comercial, industrial e tecnológica, não foram geradas as condições para o sucesso dos empreendimentos tecnológicos. Como descrevemos, a política era essencialmente defensiva e não criou condições quanto à oferta que teria viabilizado os empreendimentos, como a escolha adequada da tecnologia, a maior concentração das empresas para enfrentarem os riscos inerentes à inovação e a maior mobilização de recursos para o desenvolvimento tecnológico. Essas condições requeriam, sobretudo, que as empresas nacionais estivessem dispostas a assumir maiores riscos; no entanto, adotaram, em geral, postura defensiva e submissa apoiada na ocupação do mercado interno.

Conseqüentemente, pode-se afirmar que a reserva de mercado alterou as condições de competição que regiam o mercado brasileiro, excluindo por algum tempo as empresas multinacionais e gerando novas condições para o desenvolvimento das nacionais. Essa política não logrou criar um novo empresariado capaz de enfrentar os enormes desafios que colocam a sobrevivência empresarial em um universo marcado por intensa competição, rápido desenvolvimento tec-

nológico e domínio de grandes grupos, como é caracterizado o complexo eletrônico. O empresariado gerado sob o manto da reserva de mercado foi certamente menos dependente do que aquele das décadas de 60 e 70, porém não teve condições de se tornar ator ativo nos quadros nacional e internacional. Seu papel restringiu-se à atuação como elo no espaço nacional da difusão de tecnologias geradas pelas grandes corporações multinacionais.

Uma política de desenvolvimento tecnológico nacional pode ser bem-sucedida à medida em que, através da geração de externalidades, facilite ou gere condições para serem efetuados os gastos intermediários entre o protótipo e a colocação do produto no mercado. Em geral, nesse período são dispendidos de 70% a 80% do valor do projeto relativo a uma inovação, apenas para o concernente aos custos de desenvolvimento, fato que desestimula o empresário nacional a assumir os riscos da inovação e, menos ainda, o elevado custo de geração de uma tecnologia.

A análise realizada demonstrou que a política de reserva de mercado tem atuado de forma mais intensa em nível da proteção da indústria nacional do que no favorecimento da geração e do desenvolvimento tecnológico através de externalidades. Na verdade, tal dimensão foi amplamente prevista quando da formulação das políticas (ver 1º Planin), mas não foi efetivada em função do ambiente recessivo inviabilizador da intervenção do Estado em seu papel de fomentar e financiar novos empreendimentos tecnológicos.

Não obstante, por melhor que seja uma política de desenvolvimento e de capacitação tecnológica, e por mais que esteja coordenada com as demais, dificilmente surtirá os resultados esperados se não for respaldada por um empresariado disposto a assumir riscos. Esta atitude mais favorável à inovação pressupõe certa capacidade empresarial e financeira, nem sempre presente pela pequena dimensão dos empreendimentos e pela falta de apoio de grandes grupos privados. Por outro lado, o mercado e o contexto concorrencial nos quais as empresas nacionais atuam desestimulam tal atitude, uma vez que a demanda valoriza a tecnologia importada e os meios mais ou menos lícitos de adquiri-la.

Neste trabalho procurou-se mostrar que, apesar da reserva de mercado, as empresas têm recorrido com certa facilidade à importação de tecnologia. Conseqüentemente, a avaliação de qualquer política tecnológica deve buscar, além da análise formal de suas premissas e formulações, destacar o ambiente concreto no qual está inserida e os determinantes desse contexto. Sem a apreensão de tal contexto, qualquer análise pode resultar uma excessiva simplificação em que se defrontam arquétipos, dissimulando uma realidade mais complexa, mas com forte continuidade ou grandes ritmos históricos.

## Referências Bibliográficas

- ABIMO-SINAEMO. *Informativo*, v.12, n.97, abr. 1989.
- CLINE, W.R. *Informática e desenvolvimento, política comercial e industrial na Argentina, Brasil e México*. Rio de Janeiro, Nórdica, 1988.
- ERBER, F.S. Política industrial: um debate que se tornou urgente. *Revista Brasileira de Tecnologia*, v.19, n.1, p.20-26, jan. 1988.
- \_\_\_\_\_. *Technological dependence and learning revisited*. Rio de Janeiro, IEI/UFRJ, 1983. [Texto para discussão, n. 34]
- EVANS, P. Informática: a metamorfose da dependência. *Novos Estudos CEBRAP*, n.15, p.14-31, jul. 1986.
- \_\_\_\_\_. *A triplice aliança: as multinacionais, as estatais e o capital nacional no desenvolvimento dependente brasileiro*. 2ª ed. Rio de Janeiro, Zahar, 1982.
- FURTADO, A.; BONACCELLI, M.B.; VOGUEL, I. *Substituição de importações e progresso técnico no setor de equipamentos médico-hospitalares durante a década de 80*. Campinas, NPCT/UNICAMP, 1991. [Relatório final]
- GUIMARÃES, F.C.M.S. Technology policy in newly industrialised countries: a Brazilian perspective. *Science and Public Policy*, v.16, n.3, p.167-175, June 1989.
- HERRERA, A. Los determinantes sociales de la política en America Latina: política científica explicita y política científica implícita. In: SABATO, J. (ed.). *Pensamiento latinoamericano en la problemática: ciencia-tecnología-desarrollo-dependencia*. Buenos Aires, Paidós, 1975.
- JACOBSSON, S. *Electronics and industrial policy: the case of computer controlled lathes*. London, Allen & Unwin Ltd., 1986. [World Industry Studies]
- PACK, H. & WESTPHALL, L.E. Industrial strategy and technological change: theory versus reality. *Journal of Development Economics*, v.22, p.87-128, 1986.
- PIRAGIBE, C. *Indústria da informática, desenvolvimento brasileiro e mundial*. Rio de Janeiro, Campus, 1985.
- SEI. Panorama do setor de informática. *Séries Estatísticas*, v.2, n.1, ago. 1989.
- SCHMITZ, H. & CASSIOLATO, J. Fostering hi-tec industries in developing countries: introduction. In: SCHMITZ & CASSIOLATO, J. (eds.) *High-tech for industrial development*. London/New York, Routledge, 1992.
- TIGRE, P.B. *Technology and competition in the Brazilian computer industry*. London, Frances Pinter, 1983.

Recebida em novembro/92