

# **Estratégias, desenvolvimento tecnológico e inovação no setor de bens de capital, no Brasil\***

*Eduardo Strachman\*\**

*Doutor em Economia e Professor do  
Departamento de Economia da Faculdade  
de Ciências e Letras — Campus de  
Araraquara — da Universidade  
Estadual Paulista (Unesp)  
Doutora em Economia (IE-UFRJ)  
e Professora do Instituto de  
Economia da Universidade  
Federal de Uberlândia (UFU)*

*Ana Paula M. Avellar\*\*\**

## **Resumo**

*O setor de bens de capital está diretamente relacionado com a produção dos demais setores industriais, cumprindo um papel determinante na difusão de novas tecnologias. Esse setor pode ser caracterizado pela sua heterogeneidade, dada a grande variabilidade de tipos, de usos e de finalidades dos produtos, assim como das condições competitivas do mercado relacionadas ao ritmo tecnológico. O presente trabalho tem como objetivo verificar a existência de um padrão de desenvolvimento tecnológico no setor de bens de capital, no Brasil, considerando o comportamento das empresas, nacionais e internacionais, líderes nos segmentos de equipamentos mecânicos, elétricos e de motores elétricos. A partir da análise dos resultados obtidos com a aplicação de questionários nas empresas mais relevantes no setor, pôde-se verificar a presença de elementos comuns quanto ao comportamento tecnológico. Desse modo, o trabalho propõe uma sistematização do setor, a partir das semelhanças entre o comportamento das empresas atuantes no Brasil.*

---

\* Artigo recebido em dez. 2006 e aceito para publicação em dez. 2007.

\*\* *E-mail:* edstrach@fclar.unesp.br

\*\*\* *E-mail:* anaavellar@ie.ufu.br

## **Palavras-chave**

**Inovação; bens de capital; desenvolvimento tecnológico.**

### ***Abstract***

*The capital goods sector is directly related to the production of other sectors, playing a decisive role in the diffusion of new technologies. This sector can be characterized by its heterogeneity, given the diversity of types, uses and purposes of its products, and it's also present in the competitive conditions related with the technological dynamism. The main objective of this paper is to study the pattern of technological development in the Brazilian capital goods sector, taking into consideration the strategic behaviour of its national and international leaders, in the segments of mechanical and electric equipment and electric motors. The analysis of interviews made in some of the most important firms of the sector reveals the presence of many common elements, e. g., in technology, even among manufacturers which are from different segments. The proposal of this paper is to systematize the sector, taking account of the similarities of the firms conducts in Brazil.*

### ***Key words***

***Capital goods; innovation; technological development.***

**Classificação JEL: O32, O54, L64.**

## **1 Caracterização do setor de bens de capital**

O setor de bens de capital reúne um conjunto de fabricantes de máquinas e equipamentos responsável, em grande medida, pela capacidade de produção de outros bens. Um bem de capital pode ser assim considerado, quando é utilizado no processo produtivo de outros bens e serviços sem sofrer nenhuma transformação — a não ser quanto a *lay out* e a algumas mudanças quanto à instalação desses bens, além da depreciação —, diferentemente do que ocorre com os insumos.

O setor de bens de capital relaciona-se diretamente com a produção das cadeias produtivas dos demais setores industriais, mas também é consumidor dos bens que ele próprio produz. Desse modo, cumpre um papel determinante na difusão de novas tecnologias e como setor dinamizador do crescimento econômico. Engloba uma diversa gama de produtos de diferentes usos, que podem ser agrupados em:

- **bens de capital mecânicos** - mecânica, equipamentos mecânicos, equipamentos industriais, máquinas e implementos agrícolas, máquinas de mineração e máquinas rodoviárias;
- **equipamentos de transporte** - ônibus e caminhões, construção naval, indústria aeronáutica;
- **bens de capital elétricos** - equipamentos elétricos.

Portanto, o setor de bens de capital está diretamente relacionado com a produção de outros setores, tendo um papel decisivo na difusão de novas tecnologias (Fransman, 1986; Sandven; Pedersen; Smith, 2001). Pode ser caracterizado por sua heterogeneidade, tanto de tipos quanto de usos, por seus objetivos e pelos setores a que se destinam seus produtos (químico, petroquímico, metalúrgico, têxtil, de calçados, elétrico, de papel e celulose, de alimentos, etc.). Essa heterogeneidade também está presente nas condições competitivas de vários mercados e segmentos, com suas especificidades em relação a número, tamanho e capacitações das firmas que deles participam, condições de importação e exportação, etc. (Felder et al., 1997; Acha et al., 2004).

Por exemplo, no caso de equipamentos elétricos, a “[...] demanda deste setor é ligada, em última instância [...] ao vigor da economia” (Nações Unidas, 1998, p.19), pois os usuários de equipamentos elétricos, sobretudo, são fábricas e empresas de eletricidade, sofrendo influência indireta dos compradores de bens de consumo, pois estes últimos ativam a demanda por aparelhos elétricos e eletrônicos, mas também por bens de capital, via maior demanda por eletricidade das empresas dos setores agropecuário, industrial e de serviços.

Esse setor apresenta uma característica importante: quanto maior o ritmo que emprega no desenvolvimento tecnológico, maiores também tendem a ser as repercussões sobre a velocidade do progresso técnico e do uso de ativos tecnológicos por outros setores. Destarte, a partir dos bens de capital, constrói-se uma teia complexa de relações produtivas e tecnológicas, interligando sua dinâmica à de outros setores industriais, mas também ao agropecuário e ao de serviços. Ele permeia todos os demais, sobretudo o industrial e o Setor Primário, por ser o responsável pelo fornecimento de máquinas e equipamentos utilizados por estes.

Desse modo, o papel da pesquisa e desenvolvimento (P&D), nesse setor, é determinante, para seu grau de competitividade no mercado internacional. Em tempos recentes, sobretudo a partir dos anos 70 do século XX, com o surgimento de novos materiais e componentes microeletrônicos, a P&D intensiva para o uso de novos componentes e insumos, os quais correspondem a novas características de produto, passou a ser, cada vez mais, importante para a competitividade das empresas do setor, ao menos nas linhas de produto que possibilitam maiores *mark-ups*. E isso mesmo sabendo-se que o setor produtor de bens de capital possui um dinamismo relativamente lento, quando comparado com o de outros setores. Isto é, o setor produtor de bens de capital modifica, muito vagarosamente, seus produtos e processos, sendo maduro e conservador, dados os altos valores dos bens fabricados e os custos de um mal funcionamento deles, sobretudo no caso dos sob encomenda, mais caros e de maior demora para uma eventual reposição.

O aprendizado tecnológico no fazer (*learning by doing*) e no desenvolver com pesquisas internas ou parcerias em novos produtos e processos (*learning by searching, using and/or interacting*), para esse setor, são fatores determinantes da dinâmica tecnológica. Isso pode ser percebido, tendo-se em mente que uma das suas maiores fontes de aprendizado está no ato de adaptar as máquinas e os equipamentos para a produção local dos vários países.

O objetivo deste artigo é identificar a existência de alguns padrões de desenvolvimento tecnológico no setor de bens de capital, no Brasil, considerando as estratégias de comportamento das empresas líderes, nacionais e internacionais, nos segmentos de equipamentos mecânicos, elétricos e motores elétricos.

Para isso, o trabalho está estruturado em sete seções, incluindo esta. Na seção 2, são apresentadas algumas notas, explicando a metodologia da pesquisa na qual se baseia este artigo. Na seção 3, analisam-se alguns dados sobre a frequência das inovações e o nível de defasagem, em relação ao exterior, do setor de bens de capital brasileiro. A seção 4 explica, de maneira mais detalhada, a distribuição dessas inovações em radicais ou incrementais. Na seção 5, são apresentadas informações sobre os esforços de P&D do setor no Brasil. A seção 6 descreve os recursos financeiros utilizados para a realização das atividades inovadoras. Na seção 7, propõe-se a construção de uma tipologia sobre o padrão tecnológico do setor. Finalmente, na seção 8, são apresentadas breves conclusões do estudo.

## 2 Notas metodológicas

O presente artigo é baseado em uma extensa série de entrevistas, a partir de um questionário elaborado pelo Diretório da Pesquisa Privada (DPP), para uma pesquisa realizada pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), com o intuito de aprofundar os estudos sobre a importância do desenvolvimento tecnológico e das inovações na determinação das estratégias das empresas. Para isso, identificaram-se as maiores e mais atuantes empresas para a constituição da amostra de fabricantes do setor de bens de capital mecânicos e elétricos (incluindo motores elétricos) sob encomenda que foi entrevistada.

No caso da seleção de empresas do setor de bens de capital mecânicos, foram utilizadas informações de várias empresas, sobre suas receitas líquidas anuais, taxas de crescimento, bem como do número de patentes no País e, eventualmente, no exterior. Na tentativa de cobrir todo esse segmento, foram selecionadas empresas dos subsetores mais importantes que o constituem: máquinas-ferramenta, máquinas industriais, máquinas e equipamentos pesados e diversos. Dentro de cada um deles, foram selecionadas empresas que já apresentavam algum perfil inovador.

Assim, com base nos dados da **Gazeta Mercantil** (Bal. Anu., 2002), foram selecionadas, utilizando-se o critério receita líquida (maior que R\$ 100 milhões em 2001), as seguintes empresas: (a) Indústrias Romi (o maior produtor de máquinas-ferramenta do Brasil, com, forte inserção no mercado estadunidense), (b) Weatherford (máquinas-ferramenta), (c) Voith Paper (máquinas industriais), (d) Krones (máquinas industriais), (e) Kvaerner (máquinas industriais), (f) Inepar Fem (máquinas e equipamentos pesados sob encomenda), (g) FMC (máquinas industriais), (h) Bardella (máquinas e equipamentos pesados sob encomenda), (i) Schuler (diversos) e, por fim, (j) CBC (diversos).

Deve-se ressaltar que a amostra utilizada para estudar esse segmento, respeitando o padrão setorial no Brasil, é formada por empresas que atendem a diferentes setores industriais, sendo que cerca de 75% delas são multinacionais (EMNs) estrangeiras atuantes no País, e o restante (25%) é composto por empresas nacionais que, na sua maioria, possuem alguma inserção no mercado externo, via exportação principalmente para Mercosul, Ásia e Estados Unidos.

Para a seleção da amostra do setor de equipamentos elétricos sob encomenda, foram incluídos, basicamente, 100% dos fabricantes dos principais equipamentos, em termos de valor, do setor no Brasil, quais sejam: transformadores de potência, turbogeradores, turbinas hidráulicas de maior porte, hidrogeradores, disjuntores de maior porte e turbinas a vapor (com potências de até 50MW, as únicas produzidas no País). Com isso, a amostra inicial ficou composta de: (a)

Siemens (transformadores de potência, turbinas a vapor, turbogeradores e disjuntores), (b) ABB (transformadores de potência, hidrogeradores e disjuntores), (c) Alstom (transformadores de potência, turbinas a vapor, turbogeradores, turbinas hidráulicas e hidrogeradores), (d) Toshiba (transformadores de potência, turbogeradores, turbinas hidráulicas, hidrogeradores e disjuntores), (e) VA Tech (disjuntores, turbinas e geradores), (f) Weg (transformadores de potência, turbogeradores e hidrogeradores), (g) Voith Siemens Hydro Power Generation (turbinas hidráulicas e hidrogeradores), (h) General Electric (turbinas hidráulicas, hidrogeradores e disjuntores), (i) Dresser-Rand do Brasil (turbinas a vapor), (j) Trafo Equipamentos Elétricos S/A (fabricante nacional de transformadores de potência), (l) Texas Turbinas a Vapor (fabricante nacional de turbinas a vapor), (m) NG Metalúrgica (fabricante nacional de turbinas a vapor, com tecnologia Siemens) e, por fim, (n) TGM Turbinas Indústria e Comércio Ltda. (fabricante nacional de turbinas a vapor). Ressalte-se que algumas poucas empresas dessa amostra não puderam fornecer informações à pesquisa. No entanto, a abrangência da amostra efetivamente entrevistada foi muito significativa, chegando a 100%, ou quase, em todos os segmentos investigados.

As empresas eram questionadas essencialmente sobre: seus esforços inovativos em produtos e processos (inclusive organizacionais), ou em ambos; grau de inovatividade atingido (da empresa, regional, nacional ou mundial); formalização ou informalização da P&D na empresa; gastos e pessoal ocupado com P&D; fontes de conhecimento (internas ou externas) para a empresa; contratos e acordos externos de P&D (com universidades, centros de pesquisa e outras empresas), fontes de recursos (internas, externas, governamentais, etc.) e patentes. Buscou-se analisar esses resultados de forma integrada, a fim de se perceber o nível de esforço inovativo das várias empresas do setor, de forma isolada ou conjuntamente, com vistas a compreender similaridades ou dessemelhanças entre elas, qual o comportamento das EMNs e das empresas de capital nacional com relação a essas variáveis, a fim de construir uma tipologia inicial.

### **3 Frequência das inovações do setor de bens de capital no Brasil e seu grau de defasagem em relação ao exterior**

O ritmo das inovações das empresas no setor de bens de capital, no Brasil, assim como em outros países, é determinado, em grande medida, pela dinâmica dos outros setores industriais para os quais estas produzem seus equipa-

mentos e pela forma de inserção dos fabricantes desses equipamentos no mercado externo.

Os fabricantes de bens de capital que atendem sobretudo ao mercado interno apresentam, de maneira geral, um esforço inovativo baixo, refletindo as características das empresas compradoras desses bens e a lentidão da obsolescência das máquinas instaladas.<sup>1</sup> Por outro lado, uma dinâmica distinta emerge no caso de uma empresa fornecedora de bens de capital para extração de petróleo para a Petrobrás, que, dado o forte dinamismo tecnológico desta última, acabou sendo impulsionada a realizar esforços tecnológicos significativos, mesmo focando principalmente o mercado interno. Portanto, esse ritmo se acelera nos casos de empresas estimuladas por demandantes em mercados tecnologicamente mais dinâmicos e/ou de exportação.

Uma alternativa certamente seria a de empresas mais dinâmicas “empurrando” — no sentido de technological push (Rosenberg, 1976) — as inovações para os setores demandantes, mas tal tipo de comportamento, existente nos países desenvolvidos, não foi detectado no caso brasileiro, pois as empresas de bens de capital do País não são tão agressivas em termos tecnológicos, além de não estarem na linha de frente dos setores que mais usam e/ou desenvolvem bens de capital ou partes e peças com forte conteúdo eletrônico, característica, ademais, que se mantém para outros segmentos do setor de bens de capital no Brasil, como naqueles destinados à indústria têxtil (Gomes et al., 2007).

Em um maior detalhamento por segmento do setor de bens de capital, dadas as diferenças que ocorrem nestes e entre seus diferentes segmentos, as

---

<sup>1</sup> Dada a forte correlação entre as empresas de bens de capital e as características dos demandantes desses equipamentos e/ou de peças e componentes para eles, pode-se afirmar que uma indústria de bens de capital pouco dinâmica reflete o comportamento dos setores a ela relacionados. Se, por um lado, esse baixo dinamismo implica conseqüências desfavoráveis para o próprio avanço tecnológico dos setores demandantes desses equipamentos e, por extensão, da economia como um todo, por outro, pode tornar menos árdua a busca por atualização tecnológica dos fabricantes de bens de capital, os quais podem apresentar um ritmo de inovatividade mais lento e, mesmo assim, serem competitivos em seus segmentos de atuação, sobretudo para vendas no próprio país. No caso brasileiro, esse ritmo mais lento das inovações nessa indústria — em conjunto com a de motores elétricos (a qual possui uma grande parte de suas vendas destinada a servir como “bens de capital”, e não “de consumo”, como no caso de motores elétricos para hidromassagem, abertura de portões, etc.), ou mesmo de boa parte do complexo metal-mecânico — é responsável por manter razoavelmente competitiva e atualizada, até mesmo em termos internacionais, boa parte delas e do complexo como um todo. Agradece-se ao Coordenador da Pesquisa Diretoria da Pesquisa Privada/Observatório de Estratégias de Inovação, Professor João Furtado, por essa hipótese para a análise do desempenho dessas indústrias e do complexo metal-mecânico como um todo.

empresas nacionais produtoras de bens de capital mecânicos que possuem estratégias de exportação, mas que estão defasadas tecnologicamente em relação a seus concorrentes internacionais, acabam-se especializando no fornecimento de máquinas de menor grau tecnológico, denominadas máquinas de “segundo escalão”, em relação àqueles competidores. Em sua maioria, essas máquinas são destinadas a países desenvolvidos, pois, pela sua maior simplicidade tecnológica e pelos menores preços e margens de lucro, deixaram de ser produzidas naqueles países. Também por isso, mesmo que de uma forma marginal, algumas empresas do setor — fundamentalmente produtoras de máquinas-ferramenta e de bens de capital seriado — vêm apostando no aprofundamento das relações comerciais com outros países.

O Brasil acompanha a vanguarda das tecnologias de bens de capital sob encomenda para o setor elétrico, com exceção de equipamentos para geração termoeleétrica de maior porte (carvão, gás ou nuclear) ou em co-geração (eletricidade e calor). Isto se dá devido à grande especialização histórica do País e de sua matriz energética em energia hidráulica, ainda que com um crescimento recente da geração térmica de pequeno e médio portes (por exemplo, a partir da queima de bagaço de cana-de-açúcar, nas usinas de açúcar e álcool) e na busca por expandir a geração de eletricidade por meio de termoeletricas de grande porte, a fim de ampliar a diversificação das fontes da matriz energética nacional.<sup>2</sup>

Portanto, no que diz respeito aos equipamentos para geração hidroelétrica e para transmissão e distribuição de eletricidade, o Brasil produz produtos de vanguarda, no geral, desenvolvidos, em sua tecnologia básica, no exterior, mas com participação significativa das subsidiárias brasileiras e de outras filiais importantes (via *technology committees*, atualmente comuns entre as maiores transnacionais do setor), sobretudo, e quase exclusivamente, em mudanças incrementais e em projetos. Não se deve esquecer, no que tange a estes equipamentos e também a uma série de bens de capital mecânicos sob encomenda, que a tecnologia utilizada é bastante madura, o que implica que todo desenvolvimento tecnológico necessariamente tende a ser incremental.

Desse modo, o Brasil está mais propenso a realizar pequenos desenvolvimentos tecnológicos de produto na sua área de maior especialidade, a hidroelétrica, na qual consegue alguns mandatos importantes por parte das

---

<sup>2</sup> Assim, essa procura por uma introdução mais decidida nos equipamentos termoeletricos de grande porte tem como alvo tornar mais eficiente a matriz energética — complementando a geração hidroelétrica com fontes não dependentes de condições climáticas e que podem ser acionadas e calibradas em sua intensidade de uso com relativa rapidez — e, ao mesmo tempo, aumentar a capacitação do País nas tecnologias utilizadas nesses equipamentos (*know-how e know-why*).



transnacionais, inclusive para produção exclusiva em termos mundiais. Isso significa que o País apresenta capacidade para projeto, fabricação e inovações incrementais, mas, no geral, não para desenvolvimento tecnológico completo. Os fabricantes de turbinas hidráulicas, por exemplo, justificam essa “especialização” pela existência de um saber acumulado em, literalmente, uma centena de anos ou mais, nos laboratórios de hidráulica de suas matrizes. Por isso, não haveria estímulo para a duplicação desses esforços com a criação de outros laboratórios de hidráulica no Brasil (Strachman, 1992), os quais, ademais, reduziriam novas encomendas para os laboratórios europeus. O mesmo tipo de raciocínio é usado para pesquisas mais fundamentais, direcionadas a outros equipamentos, como geradores, transformadores de potência e disjuntores.

Porém, com exceção da produção de disjuntores — quase inteiramente importados em suas partes relevantes —, vários desenvolvimentos mais significativos no tocante aos outros equipamentos são realizados no País pelas filiais de transnacionais — por exemplo, uma filial é centro de manufatura e engenharia mecânica, em seus equipamentos, no Brasil — e pelas empresas de capital nacional, como transformadores de potência, hidrogeradores, turbinas hidráulicas e mesmo geradores e turbinas para termoelétricas de pequeno e médio portes.

Esse padrão de inovações é fundamental para que as empresas de equipamentos elétricos se mantenham competitivas nos vários segmentos de mercado em que atuam, visto que todas elas necessitam acompanhar as inovações incrementais que ocorrem periodicamente, dadas as magnitudes de energia e de receitas envolvidas. Apenas no segmento de autogeração termoelétrica, há casos em que os compradores preferem adquirir turbinas com rendimentos bem mais baixos em troca de preços 30% menores. Porém, segundo entrevista, há uma tendência ao desaparecimento desse submercado, assim como das empresas que produzem esses equipamentos de menor qualidade, devido à possibilidade de vender excedentes de eletricidade de certa magnitude à rede, o que implica elevada valoração dos rendimentos dos equipamentos, mesmo quando usados principalmente para autogeração.

No caso dos motores elétricos, todos os fabricantes atingem a eficiência-padrão para o funcionamento dos motores, sejam eles seriados, sejam sob encomenda. A diferença no que tange a esses equipamentos dá-se com relação aos custos de produção dos motores de menor porte, que são seriados e fabricados em grande escala, pois a eficiência e a escala na compra e na utilização de insumos, com automatização de algumas operações produtivas, possibilitam alcançar custos menores. Ou seja, nesse caso, trata-se de eficiência no processo produtivo e/ou simplesmente de economias de escala na aquisição de insumos, com o que há um distanciamento do aspecto bens de capital e uma

aproximação dos vários setores de bens de consumo. Em contraposição, no tocante aos motores sob encomenda, ainda que a eficiência do processo produtivo seja importante, o peso da eficiência e da qualidade de projetos realizados sob encomenda distanciam a forma de produção e o tipo de mercado desses motores daqueles de bens de consumo de massa. Em suma, nos setores de bens de capital mecânicos e elétricos, inovações incrementais são realizadas com bastante frequência pelas empresas instaladas no País, sejam elas nacionais, sejam estrangeiras. Analisa-se-á a seguir, com mais detalhes, o grau de originalidade dessas inovações.

## **4 Inovações incrementais *versus* inovações radicais no setor de bens de capital brasileiro<sup>3</sup>**

A forte heterogeneidade, seja em produtos, seja entre as próprias organizações empresariais, torna complexa a identificação de um padrão único de comportamento tecnológico no setor de bens de capital. Por isso, também aqui é necessário um detalhamento maior por segmento. Por exemplo, o de máquinas-ferramenta pode ser caracterizado por sua maturidade tecnológica, dado que as tecnologias são muito difundidas internacionalmente. Na maioria das vezes, os projetos de melhoria nesse segmento, assim como para equipamentos e motores elétricos, são focados nos materiais utilizados e na redução de custos de produção, estando presentes também alguns casos de melhoria de eficiência e desempenho, muitas vezes condicionados aos itens eletrônicos que compõem esses equipamentos.

A partir das entrevistas analisadas, pode-se constatar que, em bens de capital sob encomenda para o setor elétrico e em motores elétricos, as inovações são predominantemente incrementais, já que, como visto, as tecnologias dos equipamentos são maduras e difundidas. Nesse sentido, um fabricante de capital nacional de transformadores de potência ressaltou que, ao investigar os

---

<sup>3</sup> Por inovação incremental, entende-se a incorporação de tecnologia gerada por outros agentes que não a própria empresa, mas com contribuição original da empresa para adaptar e/ou melhorar tal tecnologia, também chamada de "imitação criativa" na referida pesquisa; e, como inovação radical, consideram-se a geração e a introdução pela primeira vez no mercado de uma tecnologia de produto ou processo, também denominada "inovação original". Dessa perspectiva, inovação radical refere-se apenas às novidades na fronteira internacional do conhecimento tecnológico, isto é, à geração de conhecimento tecnológico original.

equipamentos produzidos por concorrentes — quando neles executa reparos —, consegue descobrir facilmente quais as opções técnicas utilizadas por estes competidores. A mesma prática é adotada em motores elétricos, para os de maior porte, ou mesmo a engenharia reversa, para os de menor porte. Aliás, segundo um fabricante de motores elétricos, todas as empresas do setor fazem engenharia reversa.

Em máquinas e equipamentos mecânicos — tanto para o segmento de máquinas-ferramenta quanto para o de máquinas industriais —, verifica-se um comportamento semelhante, no qual as inovações podem ser consideradas, em sua grande maioria, incrementais — em produto, em processo e no tocante às transformações organizacionais —, sendo as de produto incorporadas e desenvolvidas nos laboratórios das unidades brasileiras. Todavia destaca-se a existência de alguns casos bem-sucedidos quanto a esforços inovativos radicais de produtos e de processos nesses dois segmentos, principalmente em empresas voltadas ao mercado externo, assim como no caso, que será tratado a seguir, de empresas possuidoras de mandato de desenvolvimento tecnológico por parte do grupo ao qual pertencem.

Nas máquinas industriais, em que o estado da arte tecnológico não é de todo difundido, abre-se espaço para a busca e o desenvolvimento de novos produtos, na tentativa perene de diferenciação mais agressiva em relação aos competidores ou de emulação daqueles em vantagem. Nesse segmento, pode-se dizer que o esforço inovativo se coloca como um elemento importante, tanto para as empresas de capital nacional, que buscam, na maioria das vezes, ampliação de sua participação no mercado internacional, quanto para empresas de capital estrangeiro, as quais possuem um bom posicionamento dentro de seu mercado. Alguns exemplos dessas empresas de capital estrangeiro referem-se àquelas que atuam em segmentos onde há a presença de vantagens competitivas e especificidades nacionais, como é o caso dos produtores de bens de capital voltados para os setores sucroalcooleiro e de papel e celulose.

No que se refere às tecnologias de processo, um desenvolvimento importante aconteceu nas técnicas de soldagem (a solda utilizada na estrutura das máquinas e equipamento é extremamente importante para aqueles expostos a fortes demandas e desgastes), por exemplo, em máquinas e equipamentos para extração de petróleo desenvolvidos por uma empresa de capital estrangeiro, como sistemas de elevação artificial sujeitos a fortes demandas, como variação de temperatura e pressão. Outra tecnologia de processo que recebe desenvolvimentos constantes se refere à fundição — uma subsidiária brasileira apresenta a maior estrutura de fundição de todo o seu grupo, principalmente no que tange à produção de cilindros de aço destinados a máquinas para a indústria de papel e celulose.

No setor de motores elétricos, devem-se mencionar algumas inovações que estariam na fronteira entre desenvolvimentos incrementais e radicais, como um motor para fins industriais, refrigerado à água, com menor nível de ruídos e mais econômico, por não necessitar de energia para ventilação. Esse motor proporciona maior conforto auditivo e térmico, com menor dissipação de calor. Ressalte-se que esse mesmo fabricante desenvolveu um motor e uma bomba integrados e silenciosos, os quais, certamente, se configuram em uma inovação radical. Também se deve destacar outro motor monofásico, com um padrão monofásico um pouco diferente do dos concorrentes, para aplicações específicas, e que foi igualmente desenvolvido por uma empresa de capital nacional.<sup>4</sup>

Por outro lado, as inovações de produto da maioria das subsidiárias brasileiras atuantes nesse setor incorporam desenvolvimentos realizados pelas matrizes, sendo geradas no Brasil somente pequenas adaptações, para atender à demanda nacional. Algumas exceções são observadas, quando as empresas possuem o mandato de uma determinada tecnologia (e/ou de uma determinada linha de produtos) em seus grupos, como ocorre em alguns segmentos dos setores de equipamentos e motores elétricos, seja porque o Brasil é um dos maiores mercados consumidores desses produtos (como em equipamentos para geração hidroelétrica), seja por ele possuir alguma vantagem competitiva.

Ao menos três outros exemplos dessa realidade podem ser constatados: os casos dos produtores de máquinas para o setor sucroalcooleiro, de extratoras de suco cítrico e de máquinas para a indústria de papel e celulose. Porém não se pode esquecer do potencial de desenvolvimento tecnológico das empresas de capital nacional no setor de equipamentos elétricos sob encomenda, como no caso dos transformadores ecológicos, os quais usam óleo derivado de soja — biodegradável e não tóxico — como isolante, e não o óleo comumente utilizado, que é muito tóxico, a despeito da segurança com que é normalmente utilizado.

Inovações radicais, então, podem ocorrer nos setores de equipamentos elétricos, mecânicos e de motores elétricos. No caso de equipamentos elétricos sob encomenda, por exemplo, isso é mais possível de acontecer com disjuntores, pois são bens de capital com menor maturidade tecnológica e para os quais têm surgido várias alternativas técnicas nos últimos 20 ou 30 anos, todas não geradas no Brasil. Tais alternativas são, contudo, mutuamente excludentes, pois apenas as mais eficientes se mantêm como viáveis e passíveis de escolha. Desde cerca do ano 2000, isso implica a “opção” por soluções compactas, equi-

---

<sup>4</sup> A empresa que o desenvolveu utilizou tanto patentes no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) quanto desenho industrial como proteção a essa inovação.

pamentos de pólo único e disjuntores com comando a gás — hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) —, mas com a possibilidade de se preferirem comandos à mola, apesar de estes últimos não serem produzidos ainda no Brasil. No setor de máquinas e equipamentos mecânicos, um caso importante é o de uma empresa de capital estrangeiro, produtora de máquinas para os setores sucroalcooleiro e de alimentos.<sup>5</sup> Ademais, também ocorrem algumas adaptações aos padrões de comportamento da demanda local, como no caso de fornos e *freezers* industriais.

De maneira geral, as empresas possuidoras de mandatos tecnológicos tornam-se (uma das) responsáveis pelo desenvolvimento dessa tecnologia para seus grupos mundiais, possuindo também forte inserção externa, ou seja, exportando máquinas. Isso se verifica, por exemplo, no caso dos fabricantes de máquinas para extração de suco cítrico, especialmente para o mercado estadunidense, onde está instalada a matriz de uma empresa. Outro caso refere-se a uma filial produtora de máquinas para o setor de papel e celulose, a qual, além de produzir para o mercado brasileiro e para o exterior, desenvolve, em seu laboratório, pesquisas sobre a composição do papel, testando misturas de diversas fibras e buscando maior rendimento da celulose, maior resistência do papel e redução de custos. A maioria desses estudos ocorre em parceria com clientes de grande representatividade na produção de papel e celulose instalados no Brasil, mas também no exterior, como, por exemplo, na China.

No caso de máquinas-ferramenta, acontece um processo distinto. Um dos maiores produtores de capital nacional desses bens vem buscando ampliar sua inserção no mercado internacional (inclusive no mercado estadunidense) com as chamadas máquinas de “segunda geração” — como tornos e centros de usinagem —, as quais não são mais produzidas em países desenvolvidos, por incorporarem tecnologia madura e por demandarem, então, menores *mark-ups*, para se tornarem competitivas. Não obstante, essa empresa brasileira e mesmo seus concorrentes vêm buscando se inserir nesses mercados por meio da diversificação de seus produtos, ou seja, com outros produtos com maior ritmo de inovatividade e que certamente podem ser considerados inovações radicais em termos mundiais.

No caso de motores elétricos, há também a possibilidade de emergência de inovações radicais — ainda que essas sejam pouco freqüentes — em meio às lentas e periódicas inovações incrementais, que buscam ganhos marginais

---

<sup>5</sup> Dentro do subsegmento bens de capital para processamento de alimentos, as empresas apresentaram grande crescimento nos últimos cinco anos, com 70% das vendas sendo provenientes de máquinas extratoras de suco cítrico (mas essa porcentagem vem caindo nos últimos anos).

em termos de desempenho e/ou custos. Esse parece ser o caso das seguintes inovações, desenvolvidas por uma empresa de capital nacional: (a) o caso do motor e de uma bomba integrados, de pequeno porte, essencialmente para uso doméstico, que se configura na primeira motobomba silenciosa do mundo; e (b) motores monofásicos de alta potência (com patente requerida no INPI) — úteis, por exemplo, em irrigação para o setor agrícola — e que possibilitaram a essa empresa discutir acordos de licenciamento com um fabricante japonês de inversores de frequência. Este último motor possui baixa corrente de partida e eficiência igual à dos motores trifásicos, sendo mais eficiente do que seus congêneres norte-americanos e custando metade do preço. Possui potência de até 50cv, em alta e baixa rotação, proporcionando menores impactos ambientais no campo (a rede pode ser mais simples e com menor desmatamento, já que usa uma fase só e não três), consumindo dois terços do que consome um motor a diesel. Também por isso, esse projeto, que recebeu recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), em 1993, para seu desenvolvimento, foi premiado pela Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig).

## 5 Esforços de P&D realizados pelo setor no Brasil

As empresas de capital nacional e de capital estrangeiro apresentam comportamentos distintos no que se refere aos esforços de P&D realizados internamente. As de capital nacional do setor de motores elétricos realizam esforços sistemáticos de P&D, com orçamentos anuais entre R\$ 1 milhão e R\$ 2 milhões (entre 1% e 2,5% do faturamento líquido) e equipes de P&D de 30 pessoas ou mais. No caso da maior empresa desse setor do País, com orçamento anual de P&D da ordem de US\$ 10 milhões, ainda que esse percentual se mantenha, alguns dos números mudam de escala, dado o seu porte: são mais de 150 engenheiros e técnicos, espalhados por vários departamentos (com um exclusivo de P&D para motores elétricos, com mais de 30 pessoas com dedicação exclusiva, além de quatro departamentos para diferentes atividades de engenharia, etc.). Ao se considerar o conjunto dessas firmas, algumas das inovações parecem ocorrer, então, pela combinação entre capacidade inventiva de alguns engenheiros e técnicos,<sup>6</sup> ambientes que estimulam perenemente as ino-

---

<sup>6</sup> Em um comportamento, ressalte-se, nada distante do usual para o setor de bens de capital, por exemplo, de acordo com o que foi demonstrado nas tipologias de Pavitt (1984) e Marsili

vações e elevados gastos em P&D — acima de R\$ 1 milhão anuais, em todas essas firmas.

No geral, as empresas de capital estrangeiro, tanto de equipamentos elétricos sob encomenda como de motores elétricos — fora exceções que serão mencionadas a seguir —, realizam, no Brasil, atividades de P&D mais voltadas para adaptações e para projetos do que as nacionais, as quais podem procurar desenvolver tecnologias de produto mais abrangentes, já que não têm acesso a nenhuma fonte estrangeira para tais desenvolvimentos. Essas atividades se concentram, sobretudo, como se viu, em adaptações dos bens fabricados às particularidades do País (já que muitos são sob encomenda), às vezes, havendo pesquisas sobre problemas específicos, como isolamento, execução de projetos mecânicos, dimensionamentos térmicos e de curto-circuito, processos de cálculos sofisticados (análises de vibração, ressonâncias, simulações em 3D, etc.), materiais existentes no País, dentre outros. Sublinhe-se também, nessa mesma direção, que mais de uma subsidiária brasileira é centro de competência mundial em *softwares* para projetos mecânicos, em isolamento de equipamentos e em dimensionamentos de curto-circuito, térmicos e mecânicos, dentre outros.

Um exemplo disso está no fato de as subsidiárias brasileiras realizarem, no País, projetos de desenvolvimento estrutural de turbinas, mas não projetos hidromecânicos, os quais são feitos inteiramente nas matrizes ou em outros sítios privilegiados (como, no caso da General Electric (GE), para motores, geradores e turbinas, cujos testes são realizados em sua subsidiária canadense). Já os projetos dos hidrogeradores, para os vários fabricantes, independentemente da origem do capital, são inteiramente realizados no Brasil, assim como os das excitatrizes (dos geradores) e os dos reguladores de velocidade (das turbinas hidráulicas) — as partes com tecnologia mais avançada desses dois equipamentos. Porém as excitatrizes são, em sua quase-totalidade, fabricadas no exterior, assim como os reguladores de velocidade das turbinas, devido a problemas de escala e também por esses equipamentos serem constituídos por vários componentes eletrônicos, como os controladores lógico programáveis (CLPs).

No caso dos fabricantes de disjuntores, todos de capital estrangeiro, mesmo os dois mais importantes do País apenas integram e projetam, mas não fabricam seus equipamentos no Brasil, a despeito de realizarem a engenharia completa no País, inclusive para subestações. Vale dizer, não se fabricam mais

---

(2001). Tal tipo de comportamento foi ilustrado no já citado caso da primeira motobomba silenciosa do mundo, a qual foi desenvolvida por especialistas em bombas, em conjunto com dois engenheiros especializados em materiais e mais os fornecedores, que possuíam um conhecimento mais avançado de polímeros.

disjuntores de alta tensão no Brasil, apenas se produzem, no País, os cubículos nos quais são colocados os disjuntores (um componente praticamente desprovido de tecnologia e com reduzidíssimo valor agregado, pois se trata praticamente de uma simples caixas de metal). As razões principais para essa dificuldade na produção de disjuntores — que nunca tiveram sua produção realmente assentada no Brasil, mesmo após se ter produzido boa parte dos equipamentos de até 800kVA para o “linhão” de transmissão de Itaipu (por um bom tempo, o de maior tensão em uma linha comercial, no mundo), dentre outras linhas de transmissão de grande voltagem — são os maiores dinamismo tecnológico e economias de escala de outros países, uma vez que os disjuntores de alta tensão são, em grande medida, produtos de montagem, o que implica a grande relevância das escalas de produção das várias partes desses equipamentos.

Também no caso dos fabricantes estrangeiros de transformadores de potência, os projetos completos são realizados no Brasil, a partir das especificações gerais da matriz, e essas especificações são definidas por grupos de P&D mundiais, nos quais as filiais brasileiras têm papel importante. Há ao menos um caso de filial que faz projetos para outros países (com detalhamento específico a partir de materiais usados nesses países), em um total de três ou quatro projetos desse tipo por ano, em meio a um total de cerca de 30.

Assim, os números para P&D das subsidiárias estrangeiras em todo o setor são de baixa magnitude, atingindo, no máximo — nos casos dos fabricantes mais presentes no País, em vários tipos de atividades —, 1,5% do faturamento bruto, com de cinco a sete pessoas dedicadas a atividades de P&D, as quais se resumem, basicamente, na maioria dos casos, à adaptação e a projetos de bens produzidos no País. Contudo, no caso de um importante fabricante estrangeiro de bens de capital para geração de eletricidade, ainda que esses gastos em P&D igualmente se situem entre 1% e 1,5% do valor das vendas desses equipamentos, isso representa uma magnitude razoavelmente constante, na casa de US\$ 1,5 milhão (R\$ 3 milhões), com cerca de 16 pessoas exclusivas (10 graduados, um pós-graduado e cinco técnicos), em meio a uma equipe de cerca de 100 pessoas, incluindo toda a área de engenharia de produtos (55 graduados, 10 pós-graduados e 35 técnicos).

No que se refere às empresas de capital estrangeiro de máquinas e equipamentos mecânicos, pode-se dizer que predominam casos em que as filiais estrangeiras instaladas no País possuem estreitas relações de dependência tecnológica com suas respectivas matrizes, as quais determinam o tipo de produto a ser fabricado e o ritmo e a magnitude do esforço de inovação. Porém algumas dessas filiais podem-se inserir na hierarquia da corporação de maneira menos passiva, sendo responsáveis por mandatos de desenvolvimento de tecnologia e de produção, assim como ocorre com equipamentos e motores elétricos.



Como um todo, a relação matriz-filial coloca-se de forma razoavelmente harmoniosa entre as subsidiárias brasileiras e outras subsidiárias e/ou matrizes. Por exemplo, há trocas de experiências entre esse conjunto de atores, por meio de envio periódico, para todo o grupo, de relatórios dos laboratórios de P&D instalados em unidades dispersas geograficamente, como, aliás, vem se tornando comum nesta época de crescente internacionalização de P&D.

Em outros casos, o fato de algumas filiais possuírem mandatos de determinadas tecnologias implica, geralmente, ascensão destas na hierarquia do grupo, passando, assim, a responderem mundialmente por esforços tecnológicos e a participarem ativamente dos processos de inovação e de definição de estratégias tecnológicas, como ocorre em vários outros setores econômicos — ver, por exemplo, o caso de telecomunicações (Galina, 2003). Um desses casos refere-se a uma empresa estrangeira de máquinas para o setor de papel e celulose, a qual responde, na corporação, por alguns avanços tecnológicos, especialmente nas máquinas-piloto de papel tipo *tissue*. Nessa empresa, presta-se uma série de serviços, como testes para empresas menos estruturadas demandantes de seus equipamentos — por exemplo, de mistura de fibras para a produção de papel até a obtenção de certos resultados importantes —, por conta da alta qualidade de seu laboratório de pesquisas. No entanto, esse tipo de comportamento não se restringe somente a essa empresa, verificando-se também em uma de capital nacional de outro segmento, que realiza testes de hidráulica, tanto para outras empresas como para universidades, em seu laboratório, para construção de comportas de hidroelétricas e para maquetes de simulação hidráulica.

No caso das empresas nacionais de motores elétricos e de bens de capital sob encomenda para o setor elétrico, a participação das despesas de P&D no faturamento parece estar, no máximo, em 0,5%, com um máximo de cerca de 30 pessoas dedicadas a essas atividades, a não ser para um fabricante de muito maior porte e diversificação — para o qual essa participação atinge de 2,5% a 3%, se considerado o grupo como um todo — e para um de seus principais concorrentes — ainda que de muito menor porte no setor de motores elétricos. Como corolário, nesses dois setores, apenas as empresas mais inovadoras (e, no caso das de capital estrangeiro, as com presença mais forte no País) chegam a conseguir inovações patenteáveis, com números entre cinco e 12 patentes para as mais dinâmicas, dentre elas, todas as nacionais de motores elétricos, e geralmente com ao menos uma patente no exterior, inclusive nos EUA, no Canadá e na União Européia. Assim, há ocorrências de patentes no exterior (normalmente somando uma ou, no máximo, duas) por parte das empresas de capital nacional, mas também por parte daquelas de capital estrangeiro.

Já para o setor de máquinas e equipamentos mecânicos, os gastos em P&D, de maneira geral, ficaram um pouco acima daqueles dos setores de equipamentos elétricos pesados e de motores elétricos — pois representaram, nos últimos três anos, entre 1% e 3% do faturamento —, financiados, na sua maioria, com recursos próprios das empresas. Quando se evidenciou um importante esforço tecnológico próprio, os gastos em P&D alcançaram o limite superior desse intervalo, qual seja, 3% do faturamento da empresa. Isto porque as máquinas produzidas, nesse caso, buscam atender tanto setores nacionais mais dinâmicos — como o agroindustrial e de petróleo — quanto o mercado externo.

Os laboratórios de P&D existentes nas empresas desse setor possuem, na maioria das vezes, entre 20 e 40 pessoas, sendo poucos os casos nos quais se encontra um número superior a 100 pesquisadores. No que se refere ao número de patentes, os segmentos de equipamentos mecânicos seguem a mesma lógica do segmento dos equipamentos elétricos, ou seja, somente as empresas que realizam inovações radicais apresentam algum registro de patentes. Portanto, não há uma diferença crucial no comportamento de empresas de capital nacional ou estrangeiro quanto ao patenteamento, sendo o esforço tecnológico o grande “divisor de águas”, independentemente da origem do capital. Porém, enquanto nos bancos de patentes, no exterior, há registros de patentes por parte de empresas de capital nacional, no caso das empresas estrangeiras, esse registro ocorre por meio das matrizes, assim como se dá no caso dos fabricantes de equipamentos e motores elétricos.

Nessa mesma direção, apenas algumas das empresas mais dinâmicas tecnologicamente em motores elétricos e em equipamentos elétricos e mecânicos publicam artigos científicos em revistas ou congressos especializados de seus respectivos setores de atuação (com uma média de cerca de 10 artigos por ano, no caso de duas das maiores empresas estrangeiras de equipamentos elétricos sob encomenda, no Brasil, e cerca de cinco artigos em uma subsidiária com atuação mais discreta no País). Portanto, a grande maioria das empresas, independentemente da origem do capital, não produziu nenhum artigo técnico ou científico a partir de suas atividades, quer de pesquisa, quer de produção.

Em resumo, os esforços das empresas do setor de bens de capital, incluindo motores elétricos, no Brasil, são semelhantes àqueles realizados por outras desse mesmo setor no exterior. Há algumas exceções importantes, mas as empresas estrangeiras dedicam-se, sobretudo, a atividades de projeto e/ou de adaptação às condições nacionais, com P&D direcionado a essas adaptações. Por outro lado, os fabricantes nacionais têm necessidade de desenvolver tecnologias de produto de maior escopo internamente, já que, na maioria dos casos, não adquirem tecnologia do exterior, ao contrário do que normalmente supõe a literatura especializada.

## 6 Fontes de inovação e formas de financiamento

Sobre as fontes de informação, pode-se destacar uma diferença importante entre o comportamento dos fabricantes de equipamentos elétricos e motores elétricos em relação aos de bens de capital mecânicos. Para os setores de equipamentos elétricos e de motores elétricos, o recurso a universidades e institutos de pesquisa como fontes de inovação é usual, tanto entre os fabricantes de capital estrangeiro com presença mais significativa no País como entre os de capital nacional. Ademais, essa é a principal fonte externa de informação e a principal parceria de desenvolvimento conjunto para essas empresas, sem contar o recurso à tecnologia importada, sobretudo por parte das transnacionais, mas, em alguns casos raros, igualmente pelas empresas de capital nacional. Além dessas fontes, também são muito importantes, em vários casos, pesquisas conjuntas com fornecedores e, em um grau mais baixo, com clientes. É claro que, comumente, há ainda consultas a publicações técnicas e científicas e, às vezes, a firmas de consultoria e engenharia.

Em contrapartida, as empresas produtoras de bens de capital mecânicos colocam-se como pouco integradas a universidades e institutos de pesquisa, utilizando escassamente essas fontes de informação. De todos os casos estudados, encontrou-se somente um projeto de desenvolvimento tecnológico conjunto entre uma universidade pública do Estado de São Paulo e uma empresa de capital estrangeiro, o qual tratava do desenvolvimento de uma cola alimentícia para a fixação de selos higiênicos em latas de bebidas. É importante destacar que, com esse projeto, a filial ampliaria suas atividades dentro do grupo mundial, passando a se responsabilizar por esse produto e por suas modernizações.

A maioria das empresas atuantes nesse setor afirma que a dificuldade de desenvolver projetos conjuntos entre empresas e instituições de pesquisa e universidades é resultado de divergências de *timing*, pois, muitas vezes, o tempo de realização de P&D é mais lento nessas instituições, não atendendo à necessidade de rapidez por parte das empresas. Porém destaca-se que, ainda que setores mais intensivos em tecnologia façam maior uso dessas interações universidade-empresa (Marsili, 2001), é certo que todos os setores podem dela se beneficiar. Ademais, o setor de bens de capital como um todo é considerado um setor *high-tech*, segundo vários parâmetros, apesar de não poder ser comparado às tecnologias de informação de comunicação (TICs) e à da farmacêutica.

Ao mesmo tempo, muitas empresas também admitem que não despendem esforços para estabelecer algum tipo de vínculo de longo prazo com essas

instituições de ensino e pesquisa. Também por isso, no caso das empresas de bens de capital mecânicos, as feiras e as relações com fornecedores e clientes acabam sendo as formas predominantes para se obter informação sobre o mercado em que atuam e para se decidirem estratégias tecnológicas.

Quanto às formas de financiamento dos projetos de desenvolvimento tecnológico, é impressionante o percentual de autofinanciamento das empresas dos setores de equipamentos e motores elétricos com relação a seus gastos em desenvolvimento tecnológico, atingindo 99% ou mesmo 100%, inclusive nos casos das empresas mais inovadoras do País (por exemplo, em motores elétricos) — embora, às vezes, ocorra algum suporte a essas atividades por parte de agências estaduais ou federais de financiamento a pesquisas. Muitas das empresas inclusive desconheciam os vários mecanismos de suporte financeiro do Governo Federal a essas atividades — a despeito de, paradoxalmente, em um caso, uma empresa ter recebido um prêmio de inovação da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) do Governo Federal. Em contrapartida, são generalizados o conhecimento e o recurso aos financiamentos da Agência Especial de Financiamento Industrial (Finame) e do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

Um exemplo de um importante financiamento realizado pela Finep, para um período de três anos, correspondeu a cerca de 20% dos gastos em P&D de uma das empresas mais importantes dos setores de equipamentos e motores elétricos no País. Houve também outro importante financiamento, da ordem de R\$ 300.000,00, em um ano e meio, a um fabricante nacional de bens de capital sob encomenda para o setor elétrico,<sup>7</sup> para informatização da engenharia. No caso dos equipamentos mecânicos, em cerca de 5% dos casos estudados, os recursos públicos foram utilizados para inovação tecnológica, especialmente quando as empresas eram participantes de algum programa de financiamento público ligado a grandes projetos nacionais, como a construção da Usina Hidrelétrica de Itaipu, ou, em um único caso, de participação de uma empresa de capital nacional no Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT). Não obstante, de maneira geral, as empresas afirmaram que os programas de financiamento não condiziam com as necessidades do setor de bens de capital, citando alguns exemplos de programas considerados insuficientes para a superação das fragilidades tecnológicas do setor — como fundos setoriais e incentivos fiscais —, o que teria levado a maioria delas a optar pelo autofinanciamento.

---

<sup>7</sup> Para o caso dessa empresa, por causa desse financiamento, o uso de recursos próprios para esse projeto reduziu-se para apenas R\$ 100.000,00, ou seja, 25% do total.

## 7 Padrão de desenvolvimento tecnológico do setor de bens de capital no Brasil

Em uma tentativa de sistematização dos setores tratados neste artigo e das empresas que o constituem, dividiram-se as empresas, tomadas conjuntamente, em quatro tipos, subdivididos, por sua vez, em dois tipos de empresas estrangeiras e em dois de empresas nacionais. As estrangeiras são divididas em antigas e novas.

As empresas estrangeiras mais antigas no Brasil realizam uma grande série de atividades no País. Por exemplo, um fabricante de equipamentos para geração hidroelétrica tem um mandato mundial e exclusivo para esses equipamentos. Com isso, todas as turbinas hidráulicas e todos os hidrogeradores desse fabricante são produzidos no Brasil, que responde ainda por cerca de 50% do faturamento mundial do grupo. Esse mesmo fabricante realiza um número elevado de acordos de pesquisa conjunta de longo prazo com universidades, instituições de pesquisa, fornecedores, clientes, etc., apresentando gastos de cerca de US\$ 1,5 milhão/ano em P&D, sem considerar gastos em material. O engajamento de uma empresa desse tipo, no Brasil, é bastante forte, mesmo considerando que algumas atividades tecnológicas mais ligadas à pesquisa do que ao desenvolvimento não são realizadas no País.

Esse mesmo fabricante depositou várias patentes no País (INPI) — por exemplo, seu novo sistema isolante de pólos desenvolvido no Brasil gerou também patentes aqui, na Europa, nos EUA, na China e na Índia —, ainda que tenha sido salientado que patentes normalmente são registradas pela matriz, pois é mais barato fazê-lo nos EUA e na Europa. Ademais, a subsidiária brasileira foi responsável, em 2001, por cerca de 10 trabalhos e 20 resumos (11 aprovados para 2003) Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTEE), por artigos na revista **Eletricidade Moderna** (de quatro a cinco, nos últimos três anos) e por um artigo por ano na **Electra** (revista do International Council on Large Electric Systems (Cigre), o mais importante grupo internacional de estudos sobre eletricidade). Ao mesmo tempo, efetuou pagamentos de cerca de R\$ 500.000,00 (dados de 2002) à matriz, em troca de *royalties*, patentes, uso de marcas e financiamento de P&D.

Vale dizer, e esse caso citado talvez seja o ápice de participação no País de toda uma série de empresas estrangeiras de bens de capital, que empresas estabelecidas mais decididamente no Brasil possuem uma maior densidade de atividades produtivas e tecnológicas no País. Isso é demonstrado pelos gastos dessa empresa nessas atividades — os quais atingiram cerca de US\$ 1,5 milhão/ano em 2002 — distribuídos entre salários internos (com cerca de 60%

desse total) e material e salários externos, pagos ao pessoal de fora da empresa (por exemplo, de universidades). Esse tipo de atuação é corroborado por um fabricante estrangeiro de transformadores de potência, cuja filial brasileira, que é uma das principais do grupo, possui atuação significativa no País, principalmente na fase de desenvolvimento e de produção desses equipamentos, apesar de que, também nesse caso, pesquisas e desenvolvimentos mais inovadores são realizados, sobretudo, pela matriz. Essa filial executa apenas tarefas como otimização geral na aplicação de materiais, as quais implicam tanto maior rendimento desses materiais como melhor desempenho dos próprios equipamentos, a despeito de sua participação no *technology committee* mundial de seu segmento.

A subsidiária da GE poderia ser um caso a parte, pois está, desde 1962, no Brasil, mas realiza, na atualidade, pouquíssimas atividades tecnológicas no País. Na realidade, a empresa inclusive descontinuou algumas atividades tecnológicas executadas pela antiga Vigesa, quando tinha participação tanto do Grupo Villares quanto da própria GE, indicando a pouca importância que a GE confere à realização dessas atividades no Brasil, apesar de ela manter tanto produção quanto capacidade produtiva no País. Esse comportamento ainda é magnificado no caso das unidades da GE responsáveis por equipamentos para termoelétricas e para transmissão no Brasil, em que não se realizam quaisquer atividades produtivas ou tecnológicas no País, sendo a GE mera importadora, apesar de seus concorrentes — especialmente em equipamentos para transmissão — estarem presentes, de forma muito mais decidida, no País. Também por isso, a estratégia da GE brasileira parece ser a de importar a maior parte de sua produção, com exceção dos já mencionados segmentos relacionados à hidrogeração, e isso por conta de antigas atividades da Vigesa.

Todavia, no caso de motores elétricos, a GE realiza uma série de atividades tecnológicas no País, inclusive gerando patentes, registradas pela matriz. A produção de motores iniciou em 1985 e foi reforçada em 1992, com um mandato mundial para motores elétricos de certo porte, ou seja, de 100 a 20.000 HP (motores de indução e síncronos para corrente alternada), e também até 150 toneladas (inclusive no caso de motores para corrente contínua, muito utilizados em mineração e siderurgia, por exemplo, em laminadores, para os quais é de extrema importância o torque do motor). Os motores de menor porte (baixa tensão) são produzidos nos EUA e no México, e os de maior porte, no Canadá, não havendo, no geral, sobreposição entre essas capacidades nacionais diferenciadas. Assim, no Brasil, fabricam-se motores de média e alta tensão, sobretudo de indução e síncronos, enquanto, no Canadá, se fazem os de maior porte, e, nos EUA e no México, produzem-se os de menor porte (baixa tensão). Com isso, as vendas de motores elétricos no Brasil atingem somas significativas

anualmente.<sup>8</sup> Interessantemente, em termos históricos e de trajetória (*path dependency*), a Gevisa iniciou a produção de muitos de seus motores, no Brasil, em razão de um conflito sindical, nos EUA, em 1985, e dos custos de produção naquele país. A empresa salienta que, no Brasil, possui acesso a insumos nacionais de qualidade (o que não ocorreria na Argentina, que, por exemplo, não fabrica aço ao silício) e à mão-de-obra treinada (Senai, etc.), com bons custos para todos esses fatores. Ou seja, a estrutura industrial e uma indústria metalúrgica maduras são responsáveis por grande parte da decisão da empresa de produzir motores com maior intensidade no País.

Esse desenvolvimento poderia ser uma ilustração importante de como um acontecimento fortuito, com conseqüências inesperadas, auxiliado pela capacitação do Brasil em metal-mecânica e por uma estrutura produtiva avançada, pode ter conseqüências dinâmicas importantes e de longo prazo.

Para finalizar os apontamentos para esse primeiro conjunto de empresas, a Dresser Rand do Brasil<sup>9</sup> realiza uma série de atividades produtivas no País, no sentido mostrado para as transnacionais mais antigas aqui presentes. Na verdade, mesmo quando apenas adquiria tecnologia da licenciadora, sendo uma empresa, em grande parte, nacional, ela também desenvolvia tecnologias próprias. Nesse caso, paradoxalmente, após sua venda à antiga licenciadora, a Dresser Rand ampliou o desenvolvimento de tecnologia própria, devido às adaptações necessárias com o crescimento do espectro de produtos vendidos. Assim, houve alterações completas nos principais produtos da empresa, quando se passou de turbinas de 10MW para 40MW, mudando-se o modelo desses equipamentos. Como conseqüência, a empresa aumentou de cerca de 60 funcionários em 1997 para 200 em 2003, o que demandou algumas modificações organizacionais e na forma de decidir e tomar decisões. Ademais, ela possuía 20 desenhistas e cinco engenheiros (mais um engenheiro na supervisão e um na gerência, em um total de sete), sendo que três destes se dedicavam mais fortemente, mas não exclusivamente, à P&D (sobretudo a custos, eficiência e modificação de projetos). Três anos antes, esses números eram de apenas cinco desenhistas e um engenheiro. Sublinhe-se que os outros dois engenheiros e os 20 desenhistas também se dedicavam parcialmente à P&D, apesar de estarem mais ligados à produção e ao atendimento de encomendas. No geral, as

---

<sup>8</sup> Os valores dessa receita não serão divulgados por uma questão de sigilo. Eles são de propriedade da empresa e estão disponíveis apenas para a Finep e para pesquisadores autorizados.

<sup>9</sup> Que era, antes, uma empresa média nacional, a qual licenciava tecnologia da Dresser Rand norte-americana, sendo adquirida posteriormente, em dezembro de 1999, pela antiga licenciadora.

tarefas desse grupo são verificar como funcionam os equipamentos e mudar alguns comandos e componentes — por exemplo, para adaptar o produto à realidade brasileira (comandos, materiais, fornecedores, etc.).

As empresas estrangeiras de máquinas e equipamento mecânicos instaladas no Brasil apresentam semelhanças com o segmento de equipamentos e motores elétricos, pois, na sua maioria, possuem importantes vínculos locais, sendo responsáveis pelo desenvolvimento de algumas atividades tecnológicas relevantes para suas corporações. Na sua maioria, essas empresas possuem mandato para certas atividades tecnológicas dentro de seu grupo, sendo responsáveis, por exemplo, pelo desenvolvimento e pela modernização de alguns produtos. Deve-se destacar que esses casos são mais encontrados em máquinas industriais, como em empresas produtoras de prensas, máquinas para papel e celulose e máquinas para processamento de cítricos e de alimentos, ou seja, **atividades também há muito sendo desenvolvidas no Brasil.**

As empresas estrangeiras mais novas, ou seja, com entrada mais recente no Brasil, praticamente não realizam atividades produtivas ou tecnológicas no País. Por exemplo, uma empresa estrangeira de equipamentos para hidrogeração não realiza quaisquer atividades produtivas no Brasil, fabricando equipamentos via Usiminas (turbinas) e Weg (geradores). Também por causa dessa timidez em termos produtivos — pelo menos por ora —, a empresa praticamente não realiza atividades tecnológicas no País, desconhecendo os financiamentos públicos disponíveis para tais atividades. Vale dizer, a estratégia dessa empresa, ao menos por enquanto, é ocupar o mercado brasileiro com o mínimo de investimentos próprios, terceirizando sua produção e basicamente não realizando quaisquer atividades tecnológicas no País.

A fabricação de disjuntores seria um caso à parte dentro desse segundo conjunto de empresas, pois, como se viu, os disjuntores de alta potência e tensão são, em grande medida, produtos de montagem, o que implica grande relevância para escalas de produção — enquanto turbinas, hidrogeradores e transformadores de potência são bens de capital sob encomenda muito mais artesanais e menos sujeitos a padronizações (são “mais sob encomenda”, por assim dizer, isto é, se fosse possível sublinhar a distância de cada equipamento com relação à produção seriada). E o Brasil não teria escalas suficientes para a produção de disjuntores, o que implicaria o insucesso, no longo prazo, mesmo de um esforço como a fabricação de disjuntores de até 800kVA, para a linha de transmissão de Itaipu, pela antiga Lorenzetti-Inebrasa, atual VA Tech. Porém não se deve esquecer do papel da crise nos investimentos em geração e transmissão de eletricidade, desde os anos 80 do século XX, como um fator a ser considerado para a descontinuidade e/ou timidez dos investimentos e das atividades produtivas e tecnológicas de várias empresas no País, inclusive as



da antiga Lorenzetti-Inebrasa, ainda que com acesso à tecnologia importada (da francesa Merlin-Gerin). Essa escassez de demanda foi a responsável, por exemplo, pelo fechamento da antiga planta de hidrogeradores da ABB, em Osasco, quando a empresa, no mundo, ainda se dedicava a esse tipo de equipamentos (a ABB mundial vendeu, em março de 2000, sua linha de equipamentos para geração para a Alstom, atual Areva).

Grande parte das empresas estrangeiras com entrada mais recente no Brasil, no setor de máquinas e equipamentos mecânicos, não realiza atividades tecnológicas locais e tampouco demonstra interesse maior por desenvolver atividades de P&D no País. Esse conjunto de empresas tem perseguido apenas objetivos comerciais no Brasil, considerando o País como um mercado a ser explorado, a partir da tecnologia desenvolvida pelas matrizes. No entanto, não se deve perder de vista a presença de alguns casos de empresas recém-instaladas no País, que se colocam de maneira muito mais ativa dentro da corporação, disputando com outras unidades produtivas do grupo a ampliação de suas participações no desenvolvimento de tecnologias, com laboratórios de P&D, etc. Todavia essas empresas “novas” ainda não lograram conseguir uma posição mais relevante dentro de suas corporações, por exemplo, obtendo controle total sobre o desenvolvimento de determinadas tecnologias/produtos.

Já as empresas **nacionais** são divididas também em dois tipos.

Primeiramente, há as que produzem equipamentos elétricos sob encomenda, com tecnologia madura e muito estável, podendo acompanhar o mercado sem grandes investimentos em P&D, apenas com alguns gastos, sobretudo em desenvolvimento, mas também por meio de acordos com fornecedores, clientes e, principalmente, universidades, como, ademais, é usual no setor (Pavitt, 1984; Marsili, 2001). A tecnologia desses mercados modifica-se mais lentamente, sendo menos importante ser o primeiro a obter uma inovação, sempre incremental. Portanto, nesse setor, é menos arriscado ficar um pouco para trás com relação a esses desenvolvimentos, ainda mais que estes poderão ser emulados com bastante rapidez por essas empresas nacionais, fazendo com que qualquer defasagem em relação aos concorrentes seja de pequena ordem. No entanto, ressalte-se uma vez mais que essas empresas se esforçam permanentemente para se manter atualizadas, com pouco atraso em relação a seus competidores.

As empresas nacionais produtoras de máquinas-ferramenta apresentam comportamento semelhante, visto que seus produtos igualmente apresentam uma relativa maturidade tecnológica em nível mundial — os desenvolvimentos tecnológicos dependem principalmente da incorporação de componentes eletrônicos (adquiridos quase sempre no exterior). Mesmo assim, as empresas de máquinas-ferramenta mantêm constantes seus gastos em P&D, perseguindo uma melhor inserção internacional, ainda que com máquinas de segunda

geração. Como consequência, ainda que não seja em um montante muito significativo, verificaram-se alguns casos de desenvolvimento tecnológico por diversificação de produtos (e não somente nesse segmento de mercado específico, qual seja, o de máquinas-ferramenta, mas também, por exemplo, como se viu, na área de sistemas de furos de precisão) a partir desses dispêndios em P&D.

E, no caso de motores elétricos, ainda que a tecnologia envolvida também seja madura, a evolução tecnológica ocorre com maior rapidez, havendo várias possibilidades de desenvolvimento dentro do largo espectro de produtos desse setor. Por isso, tais desenvolvimentos tecnológicos podem ser importantes para a competitividade das empresas nos vários segmentos. Como resultado, elas não somente se esforçam para se manter atualizadas, como no caso dos equipamentos elétricos, mas também buscam desenvolver alguns produtos diferenciados em termos de rendimento, nos vários segmentos desse setor.

No setor de máquinas e equipamentos mecânicos, alguns produtores de máquinas industriais nacionais, competitivos internacionalmente, construíram uma estrutura tecnológica, como laboratórios de P&D, vínculos com universidades e treinamento de pessoal, a partir de participações em vários dos grandes projetos nacionais de desenvolvimento. Por exemplo, alguns produtores de máquinas industriais participaram de projetos de construção de hidroelétricas, de equipamentos portuários e de infra-estrutura de transporte ferroviário; uma empresa de capital nacional construiu, há muitas décadas, um laboratório de testes de hidráulica, capaz de realizar ensaios em modelos reduzidos de comportas hidroelétricas, que continua, até hoje, a ser utilizado no desenvolvimento de projetos por seus próprios pesquisadores, além de por pesquisadores de universidades. A montagem da estrutura dessa empresa deu-se, em grande medida, por sua importante participação na montagem dos equipamentos hidromecânicos — como comportas e eclusas — de usinas hidroelétricas do porte das de Itaipu (PR) e Tucuruí (PA). Essas empresas nacionais também encontram possibilidades de desenvolvimento de produtos dentro do setor, assemelhando-se, uma vez mais, ao caso das empresas de motores elétricos. Dessa maneira, tais empresas buscam, por meio do desenvolvimento de novos produtos, ou mesmo na modernização dos produtos existentes, sustentar uma posição competitiva nos mercados nacional e internacional.

## 8 Considerações finais

Ao longo deste trabalho, pôde-se acompanhar o nível atual de desenvolvimento tecnológico de vários segmentos da indústria de bens de capital mecânicos e elétricos — incluindo os motores elétricos — no Brasil, com seus

determinantes, suas especificidades (por segmento e empresa), suas possibilidades, suas oportunidades e suas tendências, dentre outros tópicos investigados. Analisou-se o estágio atual desses vários segmentos do setor, com a finalidade de vislumbrar possibilidades de um maior aprofundamento e de autonomia tecnológica das empresas dos vários segmentos que compõem o setor produtor de bens de capital — seja através de filiais de transnacionais, seja de empresas autóctones —, mas também de todo o setor industrial, dados os impactos dos bens de capital sobre os vários setores industriais, como se viu na **Introdução**.

Nesse sentido, este trabalho pode contribuir também para as políticas industriais direcionadas ao setor — na busca por maior dinamismo, autonomia tecnológica, competitividade, etc. — e mesmo para toda a indústria e para a economia do Brasil, com relação a essas mesmas variáveis, dados esses impactos, o que é percebido pelos formuladores de políticas industriais aqui e em outros países, quando decidem apoiar o desenvolvimento produtivo e tecnológico de seus setores nacionais de bens de capital (Strachman, 1992; 1993).

Seria importante algum tipo de incentivo diferenciado (por exemplo, por meio de financiamentos concedidos pela Finep) para o conjunto das empresas de bens de capital realizarem, em meio a toda a P&D, atividades mais ligadas a pesquisas propriamente ditas, ou mesmo a desenvolvimentos que necessitem de uma mais longa maturação. Esses incentivos poderiam ser baseados em taxas menores de juros e/ou em mais financiamentos a fundo perdido, caso as empresas verdadeiramente se dedicassem mais a tais atividades de longo prazo. Isso poderia impulsionar uma série de capacitações e círculos virtuosos nas empresas, na Academia, nas relações entre estas e na montagem e melhoria do Sistema Nacional de Inovação como um todo (Freeman, 1988; Lundvall, 1988; 1992; Nelson, 1993).

## Referências

ACHA, V. et al. Exploring the capital goods economy: complex product systems in the UK. **Industrial and Corporate Change**, v. 13, n. 3, p. 505-529, June 2004.

AVELLAR, A. P. **Inovação no setor de bens de capital**: relatório final do Projeto Diretório da Pesquisa Privada. Araraquara: Convênio FUNDUNESP-FINEP, 2003. (Cópia). Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/portaldpp/index.asp>>.

BALANÇO ANUAL. São Paulo: Gazeta Mercantil, n. 26, 2002.

FELDER, J. et al. **Manufacture of machinery and of electrical machinery: analysis using CIS**. Mannheim: ZEW - Centre for European Economic Research, 1977. (European Innovation Monitoring System (EIMS)).

FRANSMAN, M. **Technology and economic development**. Boulder: Westview, 1986.

FREEMAN, C. Japan: a new national system of innovation? In: DOSI, G. et al. (Org.). **Technical change and economic theory**. London: Pinter, 1988. p. 330-348.

GALINA, S. V. R. **Inovação no setor de telecomunicações: relatório final do projeto Diretório da Pesquisa Privada**. São Paulo: Convênio FUNDUNESP-FINEP, 2003. (Cópia). Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/portaldpp/index.asp>>.

GOMES, R. et al. Abertura comercial, internacionalização e competitividade: a indústria brasileira de máquinas têxteis após os anos 1990. **Economia e Sociedade**, v.16, n. 3, p. 405-433, dez. 2007.

LUNDEVALL, Bengt-Åke. Innovation as an interactive process. In DOSI, G. et al. (Org.). **Technical Change and Economic Theory**. London: Pinter, 1988. p. 349-369.

LUNDEVALL, Bengt-Åke (Ed.). **National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning**. London: Pinter, 1992.

MARSILI, O. **The anatomy and evolution of industry: technological change and industrial dynamics**. Cheltenham: Elgar, 2001.

NAÇÕES UNIDAS. U. S. Department of Commerce. **U. S. Industry and Trade Outlook**, 1998. Washington, D. C.: U. S. Department of Commerce, 1998.

NELSON, R. R. (Ed.). **National innovation systems: a comparative analysis**. New York: Oxford University, 1993.

PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**, v. 13, n. 6, p. 343-373, 1984.

ROSENBERG, Nathan. **The economics of technological change**. Baltimore: Penguin, 1976.

SANDVEN, T.; PEDERSEN, T. E.; SMITH, K. **Analysis of CIS Data on the impact of innovation on growth in the sector of manufacturing of machinery and equipment. Innovation & SME Programme**. Contract CIS 98/188. STEP Group, 2001.

STRACHMAN, E. **Competitividade da indústria de equipamentos para energia elétrica**: relatório de pesquisa do projeto “Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira”. Campinas, 1993.

STRACHMAN, E. **Estrutura de mercado, competitividade e políticas para as indústrias internacional e brasileira de bens de capital sob encomenda para o setor elétrico**. Dissertação (Mestrado)-Unicamp; Instituto de Economia, Campinas, 1992. (Não publicada).