**DINÂMICA TECNOLÓGICA E ESFORÇOS PARA INOVAÇÃO DA INDÚSTRIA DE BENS DE CAPITAL NO BRASIL: UM ESTUDO DO SEGMENTO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**

**Área Temática 9: Economia Industrial e Tecnologia**

Gabriel Passos de Figueiredo, Silvio A. F. Cario

Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC

E-mail: [gabrielfigus@hotmail.com](mailto:gabrielfigus@hotmail.com) E-mail: [fecario@yahoo.com.br](mailto:fecario@yahoo.com.br)

**RESUMO**

O presente artigo buscou analisar a dinâmica tecnológica e os esforços inovativos do setor de máquinas e equipamentos da economia nacional. O estudo parte da discussão sobre as características estruturais do setor para enfim analisar a dinâmica tecnológica da produção de máquinas e equipamentos, com base em análises da PINTEC, publicações de 2000, 2003, 2005 e 2008. Os resultados sinalizaram o repasse tecnológico, em nível de processos produtivos, por parte dos fornecedores internacionais. Em nível de produtos, a redução no investimento em P&D diminuiu a capacidade de desenvolvimento endógeno do conjunto produtivo, que segue com estratégias conservadoras e imitadoras. No entanto, foi possível observar, ainda que incipiente, a evolução do posicionamento ativo pela busca tecnológica de um grupo seleto de empresas brasileiras, que inovam ‘novos produtos para o mercado’. A cooperação também tem tomado forma em meio às estratégias, também para um seleto grupo de empresas do conjunto produtivo de máquinas e equipamentos da economia nacional. Foi confirmada a importância dos mecanismos de aprendizado através da produção e do uso (*learning by doing e by using*), ganhando importância o aprendizado pela interação (*learning by interacting*) como meios de capacitação tecnológica das empresas, enquanto diminuiu a importância do aprendizado através da busca (*learning by searching*).

Palavras-chave: Tecnologia, aprendizado, máquinas e equipamentos.

**ABSTRACT**

This article seeks to analyze the dynamics of technology and innovative efforts of the machinery and equipment sector in the national economy. The study begins with a discussion about the structural characteristics of the industry to finally analyze the technological dynamics of machinery and equipment production, based on analyzes of PINTEC publications 2000, 2003, 2005 and 2008. The results indicate technological transfer, in terms of processes, from the international suppliers. In terms of products, reduction in R&D investment has reduced the ability of endogenous technological development in the sector, which continues with conservative and imitation strategies. However, it was observed, albeit incipient, the evolution of active positioning for search technology of a select group of Brazilian companies, which innovates 'new products to market1’. Cooperation has also taken shape among the strategies, also for a select group of companies in the machinery and equipment industry. We confirmed the importance of learning by doing and learning by using as mechanisms for the technological capacity building, gaining importance the learning by interaction, while decreased the importance of learning by searching.

Keywords: Technology, learning, machinery and equipment.

JEL: L64, O39, L16.

**INTRODUÇÃO**

Bens de capital são utilizados continuadamente na produção de outros bens ou na prestação de serviços. A produção de bens de capital exige elevada incorporação tecnológica, enquanto as características da sua demanda e utilização se relacionam diretamente com a capacidade de produção das firmas e nações. Sua demanda é considerada investimento, que desencadeia efeitos reprodutivos sobre outros setores econômicos. Por se relacionar intimamente com uma gama de outros setores da economia, é profunda a intensidade das relações em cadeia (laterais, com clientes ou fornecedores), e a heterogeneidade do conjunto produtivo. Na indústria de bens de capital o segmento produtor de máquinas e equipamentos – devido às suas características de utilização – produz exclusivamente bens de capital.

Este artigo busca caracterizar a dinâmica tecnológica do setor/segmento de máquinas e equipamentos da indústria de bens de capital da economia nacional, a partir dos dados da PINTEC, publicações de 2000, 2003, 2005 e 2008, dentre outras fontes de informação. Buscou-se responder a seguinte questão de pesquisa: A dinâmica tecnológica e de mercado em que a produção de máquinas e equipamentos da indústria nacional esta inserida têm gerado capacidades para o desenvolvimento próprio de tecnologias, ou mantem-se as necessidades de repasse tecnológico por parte de fornecedores internacionais, para que haja incremento de inovações em máquinas e equipamentos na economia nacional?

Para responder a questão o presente artigo esta dividido em cinco seções. A primeira conta com uma breve discussão teórica sobre tecnologia, concorrência neo-schumpeteriana e aprendizado. A segunda contextualiza os padrões tecnológicos e de concorrência do segmento. A terceira trás análises conjunturais e considerações importantes sobre a produção de máquinas e equipamentos no Brasil e no mundo. A quarta seção analisa a dinâmica tecnológica das empresas do setor. A quinta, enfim, conclui, respondendo a pergunta de pesquisa.

**INOVAÇÃO, CAPACIDADES DINÂMICAS E PROCESSOS DE APRENDIZAGEM**

Um dos alicerces da “globalização” ou da nova frente de relações internacionais é o avanço tecnológico, que tem como eixo central indústrias altamente intensivas em tecnologia e informação - *knowledge intensive* (SILVA, 2004). Mercados de concorrência monopolista, oligopólios, assim como a diferenciação produtiva são resultados naturais do processo. O contexto é tido como de acirramento da concorrência schumpeteriana, na qual as empresas empregam esforços com fins de geração de inovações, que proporcionam novos padrões tecnológicos e oportunidades econômicas, pelo qual se reestruturam as atividades existentes e se desenvolvem novos setores econômicos. Assim sendo, uma análise das relações entre um setor produtivo e seu meio tecnológico, como aqui foi desenvolvida, exige como plano de fundo a teoria neo-schumpeteriana. Os argumentos justificam a análise ter como base fundamentos desta teoria.

A teoria neo-schumpeteriana enfatiza a mudança tecnológica e a inovação como elementos motores do desenvolvimento econômico das firmas e nações. Por décadas, a mudança tecnológica e a inovação – impulsionada por P&D dentre outras atividades inovadoras – foram as mais importantes fontes de crescimento da produtividade e do bem-estar social (ROSEMBERG, 2006). O progresso tecnológico gera diversificação das oportunidades econômicas, que a partir de seu ‘caminho natural’ leva um novo modelo tecno-produtivo de desenvolvimento de economias e empresas (NELSON e WINTER, 2006). Por sua vez, a busca tecnológica (esforços inovativos) está nos interesses dos empresários, cujo objetivo é o lucro, desta forma, cabe a estes a decisão de investir em P&D e tecnologia, o que torna a tecnologia variável endógena ao modelo de crescimento das economias (DOSI, 2006). A busca tecnológica, o aprendizado, e as capacidades dinâmicas das firmas, em meio ao contexto, tornaram-se um elemento chave não apenas para que haja progresso tecnológico das firmas e nações, mas para a manutenção da capacidade competitiva das firmas (LUNDVALL, 2001, TEECE, 1994).

A dinâmica schumpeteriana considera o agente central do desenvolvimento as corporações inovadoras. Lundvall (2001) considera que o novo modelo de desenvolvimento produtivo-econômico que estamos vivenciando tem como motor o “aprendizado”, que é o elemento transformador do desenvolvimento econômico. Isto ocorre por via do avanço do conhecimento tecnológico, que cria novas tecnologias, produtividade, aplicabilidades e oportunidades econômicas, que incide no aumento de renda das firmas e nações, assim como em novos modelos produtivos. Por outro lado, por meio da visão do empresário, considerando que aspectos do conhecimento tecnológico não são incorporáveis ao conhecimento da empresa, ficando contido em seus recursos humanos, Stewart (1998) analisa o caso como sendo o “capital intelectual”, em grande parte intangível, o fator chave do desenvolvimento das empresas, e logo, das nações. Monaka e Takeuchi (1997) e Dosi (2006) relevam que o conhecimento é formado por uma parte tácita, ou seja, intangível, e outra codificada, sendo que as características tácitas do conhecimento são de difícil reprodução, cópia ou codificação.

Nesta via, a tecnologia diferencia-se entre firmas e setores econômicos, assim como se diferenciam as capacidades de reprodução deste conhecimento tecnológico, partes tácita ou codificada. A tecnologia, em si, é particular a cada empresa, sendo absorvida e desenvolvida a partir de suas rotinas, enquanto, ao longo do tempo, a firma acumula suas experiências (NELSON e WINTER, 2006).

Uma tecnologia se desenvolve em meio a evolução de “paradigmas tecnológicos”, que podem ser definidos a partir da tecnologia dominante, na qual existe um determinado progresso e saturação do avanço tecnológico, existem objetivos que buscam ser satisfeitos, padrões de solução de problemas, limitações na tecnologia vigente, ocorre de acordo com princípios científicos selecionados derivados das ciências naturais e da experimentação dos agentes, juntamente com regras especificas para que possam ser adquiridos novos conhecimentos (DOSI, 1982 e 1988).

As estratégias de busca tecnológica e seus resultados podem provocar mudanças de tão longo alcance que implicam em um novo paradigma tecnológico, ainda em um ambiente dominado pelo antigo. Os sucessivos avanços tecnológicos geram rupturas nos paradigmas dominantes, definindo os novos padrões e possíveis rumos que a tecnologia pode seguir. A evolução e o rompimento dos diversos paradigmas tecnológicos formam um caminho de desenvolvimento da tecnologia denominado “trajetória tecnológica”. (DOSI, 1982 e 1988) O conceito assemelha-se com o do “caminho natural do desenvolvimento” da tecnologia, de Nelson e Winter (2006).

Em nível macro, portanto, as tecnologias se deparam com seus paradigmas, seguem sua trajetória, a partir das rupturas ocasionadas em sua fronteira tecnológica. Em nível de empresa, por sua vez, a firma se depara com diferentes paradigmas de diferentes tecnologias utilizadas em suas atividades, e desenvolvem suas próprias trajetórias tecnológicas.

As firmas não desenvolvem apenas suas trajetórias tecnológicas, mas também suas capacidades: organizacional, de absorção ou desenvolvimento tecnológico. Quando ocorrem rupturas tecnológicas – ou mudanças de paradigmas tecnológicos –, emergem oportunidades econômicas que evoluem junto com novos produtos, processos e setores econômicos, na formação de um novo paradigma e estrutura produtiva. As capacidades das firmas que em um paradigma eram adequadas podem agora não ser, enquanto novas capacidades são exigidas por este cenário de ‘concorrência dinâmica’. As empresas se reposicionam em meio às rupturas tecnológicas, de acordo com suas ‘capacidades dinâmicas’.

Rupturas tecnológicas, ou inovações, principalmente em produto, ocorrem em massa, transformando as relações produtivas e econômicas vigentes. Inicialmente as inovações são introduzidas no mercado, e as empresas se esforçam para absorver das novas tecnologias e oportunidades econômicas emergentes, enquanto novas inovações incrementais geram novas rupturas tecno-produtivas. Ocorre assim a onda primária de Schumpeter. A produtividade e o curso natural da tecnologia e da economia a partir das rupturas levam a um nível mais elevado de renda e produção agregada, durante uma prospera fase de desenvolvimento econômico. O período é marcado pelo crescimento de empresas e novos setores econômicos, novas tecnologias e produtos, ao longo desta onda primária de rupturas tecnológicas.

No contexto da onda secundária as inovações se estabelecem dentro de uma nova estrutura econômica. A busca inovativa se intensifica na direção da eficiência dos processos (inovações em processo) e da qualidade do produto, diante uma redução gradual da taxa de inovação em produtos. As empresas se confrontam no mercado (acirramento da concorrência, podendo ocorrer redução do numero de empresas), e principalmente o incremento da produtividade, ao longo desta onda secundaria de rupturas tecnológicas, gera o crescimento do valor agregado.

Os conceitos de onda primária e secundária serão utilizados para analisar o movimento cíclico da tecnologia do setor de máquinas e equipamentos nacional, por isto foi aqui sintetizado. Ainda assim, devemos ter em mente que as empresas se reposicionam, não apenas em meio às rupturas tecnológicas, mas também em janelas de oportunidade que emergem no meio do movimento cíclico da inovação. Teece (1986) observa que existe um estágio pré-pragmático, que predomina a concorrência de projetos, emergindo uma estreita classe de projetos, dentre os quais um será o dominante. A partir de então a concorrência muda para o preço e a escala. De certa forma, é quando ocorre a inversão de onda primária em secundária em meio ao ciclo tecnológico. A existência de um divisor de águas representado pela emergência de um projeto dominante é de extrema importância para distribuição dos ganhos com a inovação, uma vez que exige novas ‘capacidades dinâmicas’, que determinarão as vantagens competitivas e posicionamento das firmas no mercado, ao longo do prolongamento da segunda onda tecnológica.

Conforme Teece (1994), capacidades dinâmicas dizem respeito aos meios pelo qual são geradas as capacidades competitivas das firmas, em plano tecnológico, produtivo ou organizacional. A gestão estratégica é fundamental para adaptar, integrar ou reconfigurar habilidades, recursos, ou competências, em plano interno ou externo à organização, com fins de responder às constantes mudanças no ambiente de mercado (portanto, são dinâmicas). As empresas acumulam capacidades de difícil reprodução que em grande parte estão enraizadas em suas rotinas e no capital intelectual intangível destas empresas. O desenvolvimento destas capacidades, por sua vez, também segue uma trajetória, que é um caminho dependente do conhecimento acumulado pelas experiências e pelos meios de aprendizados da firma.

Zahra e George (2002) destacam entre as capacidades dinâmicas a capacidade de absorção. Esta trata da criação, absorção e utilização do conhecimento e das habilidades das firmas para sustentarem suas vantagens competitivas, e foram divididas em dois sub-grupos: Capacidade potencial e capacidade de realização. Capacidade potencial compreende as capacidades de aquisição e assimilação de conhecimento, enquanto capacidade de realização centra na transformação e exploração do conhecimento tecnológico. Assim os autores classificaram quatro formas de capacidades dinâmicas, que definem o potencial das firmas em absorver, desenvolver ou explorar a tecnologia.

Capacidade de aquisição refere-se a capacidade de a firma identificar e adquirir conhecimento gerado externamente, selecionando o que é critico para as operações da firma. Capacidade de assimilação referem-se a aspectos da rotina e processos que possibilitam a firma analisar, interpretar e entender as informações obtidas das fontes externas ou internas. É, portanto, a capacidade de assimilar o conhecimento que deve ser adquirido ou desenvolvido. Capacidades de transformação referem-se a capacidade de a firma desenvolver e redefinir rotinas de forma a possibilitar as melhores combinações do conhecimento acumulado com o novo conhecimento assimilado e adquirido. Isto resulta na transformação do conhecimento tecnológico. Capacidade de exploração diz respeito a aplicação do conhecimento e da tecnologia com fins de tirar proveito das oportunidades econômicas. (ZAHRA e GEORGE, 2002)

Uma tecnologia é em parte absorvida e assimilada pelas capacidades de absorção “potenciais” da firma, enquanto as capacidades de “realização”, por um lado, transformam o conhecimento e a tecnologia, por outro, exploram as oportunidades econômicas e aplicabilidades da tecnologia. As firmas diferem em nível em respeito às diferentes capacidades dinâmicas observadas. Algumas podem ter alta capacidade de desenvolvimento tecnológico (capacidades de aquisição e transformação), outras são seguidoras especializadas (com capacidades de assimilação e exploração de tecnologias), mas que podem absorver dos ganhos da inovação da primeira firma (dependendo das capacidades de exploração das firmas). Assim sendo, algumas capacidades dinâmicas são essenciais para que as firmas se apropriem do progresso tecnológico, enquanto outras capacidades são as que potencializam o desenvolvimento tecnológico.

Se a segunda firma tiver capacidades de transformação, terá sua produção diferenciada em relação a primeira, e as inovações tenderão a ser incrementais. No primeiro caso, de empresas com alta capacidade de aquisição e transformação do conhecimento tecnológico, emergem inovações radicais, com alto poder de impacto não apenas para o ambiente econômico-produtivo, mas para a receita da firma (dependendo de sua capacidade de exploração). Para as inovações incrementais o impacto é menor, principalmente quando são inovações em processo para a firma, e não para o mercado.

A partir das experiências de cada firma capacidades dinâmicas são desenvolvidas, dependentes da trajetória de atuação destas empresas. Uma terceira firma, com capacidades de assimilação e exploração, pode ser tecnologicamente dependentes de fornecedores de tecnologia. O mesmo pode ocorrer a um sub-segmento inteiro da indústria de uma nação, que dependem da atualização tecnológica por meio de importações de máquinas e equipamentos dos fornecedores internacionais.

**Quadro 1 –Meios de aprendizado desenvolvidos pelas empresas.**

|  |  |
| --- | --- |
| **Aprender por fazer (*Learning by doing)*** | Aprendizado que ocorre interno à firma. A partir do acumulo de experiências com a repetição sistemática de funções produtivas é gerado o conhecimento e esta forma de aprendizado tácito, que ocorre ao planejar, produzir ou melhorar um bem. Assim, este aprendizado se relaciona principalmente com inovações em processo, e com a arte da observação, que acontece em meio às relações pessoais. Trata-se de um aprendizado desenvolvido através da trajetória das rotinas da empresa, e do acúmulo de capital humano. Por meio da especialização reduzem-se custos e etapas da produção, melhorando produtos e processos produtivos. |
| **Aprendendo através do uso**  **(*Learning by using*)** | Aprendizado que ocorre através do uso repetitivo das máquinas, equipamentos, matérias primas e outros bens utilizados e consumidos na produção ou prestação de serviço. É um importante meio de aquisição de conhecimento tácito ou mesmo codificado, pelo qual ocorrem inovações incrementais de diferentes magnitudes, principalmente em produto. As relações externas, com clientes e fornecedores, se destacam para o desenvolvimento deste meio de aprendizado, e as constantes melhoras dos produtos podem levar a outros inteiramente novos, muitas vezes bem diferentes das funções e formatos originais. |
| **Aprendizado por meio dos avanços da ciência e tecnologia**  **(*Learning from advances in science and tecnology*)** | Aprendizado que ocorre em meio externo ao ambiente da firma. São capacidades de aprendizado relacionado à absorção de novas soluções oriundas da ciência e da tecnologia. As fontes deste conhecimento são instituições de pesquisa, institutos e universidades. Este meio de aprendizado é, em sua maior parte, codificável, que podem ser adotados por uma gama de empresas que tenham adquirido competência para incorporar tais avanços e soluções, em produto ou processo. |
| **Aprendizado por meio de spillovers inter-industriais**  **(*Learning from inter-industry spillovers*)** | Em suas relações externas as empresas aprendem a filtrar as sinalizações, comportamentos e tecnologias adotadas por outras empresas. Este aprendizado ocorre nas interações no mercado, com a concorrência ou nas interações de cooperação, com agentes de dentro e fora do setor. As empresas identificam quais são as estratégias que as empresas estão adotando e responde ao estímulo, se comportando adequadamente. Quanto mais intensivo em tecnologia mais decisivas são estas capacidades para as firmas manterem seus mercado e fronteira tecnológica. |
| **Aprendizado por meio da interação**  **(*Learning by interacting*)** | Externo ao ambiente organizacional. O aprendizado é internalizado a partir das relações de cooperação, troca de conhecimento e capacidades, com clientes, fornecedores, institutos de pesquisa ou mesmo outros concorrentes. A interação com outros agentes é essencial como fonte de informações relevantes para atualização de processos e produtos. Este meio de aprendizado se relaciona intimamente com aprendizado por meio de spillovers inter-industriais. |
| **Aprendizado por meio de busca**  **(*Learning by searching*)** | Interno ao ambiente organizacional. O aprendizado é gerado por meio de um forte departamento de P&D interno à empresa, ou na cooperação de P&D com outras empresas, sendo fortalecido a partir do acumulo de experiências. Se relaciona com o desenvolvimento tecnológico direcionado na busca principalmente de inovações em produto, mesmo que potencialize a inovação dos processos produtivos e organizacionais da firma. A busca tecnológica por meio dos departamentos em P&D é pode incidir em inovações radicais, sendo que este é o principal meio de aprendizado que catalisa as capacidades de a firma desenvolver tecnologia própria. |

Fonte: Malerba (1992).

Nestes termos, a demonstração do tratamento teórico-analítico da capacidade dinâmica de absorção tecnológica constitui referencial para estudos que analisam como a tecnologia é repassada por fornecedores ou absorvidas no mercado (tecnologia exógena). Também possibilita analisar a capacidade das firmas absorverem informações tecnológicas – em suas relações externas ou internas – ou de desenvolver tecnologia endógena, que ocorre nas relações de produção ou nos departamentos de P&D da firma. Da mesma forma, faz-se uso da demonstração e análise dos mecanismos de aprendizado, que potencializam ou impõem limites para a formação das capacidades dinâmicas.

Ressalta-se, neste contexto, o processo de aprendizado como um dos mais importantes meios para manutenção das capacidades dinâmicas das empresas (TEECE, 1994; LUNDVALL, 2001). Malerba (1992) identifica 6 formas de aprendizado que podem ser desenvolvidos e combinados, sintetizadas no quadro. São diferentes os modelos de aprendizado, assim como as direções da mudança e capacidade tecnológica incremental. O *learning by doing* e o *learning by using* estimulam a trajetória das ‘curvas de aprendizado’, ou seja, leva ao acumulo de conhecimento e capacidades de desenvolvimento e uso sobre respectiva tecnologia, em um movimento de ‘pequenas melhorias’ nos processos e produtos. O *learning by interacting* com fornecedores também estimulam curvas de aprendizado, e de confiança, assim como melhorias principalmente no processo produtivo, a partir da formação de capacidades de interação com outros agentes. O *learning by interacting* com cliente estimulam e geram capacidades para a diferenciação horizontal da produção (inovações em produto). *Learning from inter-industry spillovers* é de extrema importância para a atualização tecnológica e mercadológica das firmas. *Learning by searching*, particularmente P&D, estimulam trajetórias de diferenciação vertical, qualidade, performance e a capacidade de desenvolvimento endógeno de tecnologia por parte das firmas. E enfim, uma base de conhecimento científico e tecnológico diferente vai estar por trás de cada trajetória pelo qual acontece a mudança tecnológica incremental. (MALERBA, 1992)

**ESTRUTURA DA INDÚSTRIA DE BENS DE CAPITAL: ELEMENTOS DO PADRÃO PRODUTIVO E TECNOLÓGICO**

A partir da emergência do paradigma tecnológico eletrônico e da tecnologia de informação (TI), em meio a globalização, o progresso tecnológico de um setor tornou-se mais dependente das mudanças tecnológicas dos demais setores econômicos. Os efeitos das rupturas tecnológicas não se limitam aos setores de origem da inovação e alguns setores da economia são considerados fundamentais para a geração e a difusão do progresso tecnológico. Em suas relações com as demais atividades econômicas, setores como *software*, microeletrônica, bens de capital ou a indústria química transmitem tecnologia e produtividade, aumentando a eficiência econômica não apenas em setores isolados, além de diversificarem as oportunidades econômicas dos setores envolvidos com a tecnologia. Assim sendo, se destacam como estratégicos para transformação econômica e para definição das políticas tecnológicas.

Os bens de capital não são para consumo, pois são utilizados continuadamente nos processos produtivos, sem que haja transformação do mesmo como ocorre com os insumos. Outros setores econômicos demandam bens de capital para que possam produzir, portanto, a demanda por bens de capital caracteriza-se como investimento: determinante fundamental para o desempenho de empresas e países, por se tratar de um dos principais componentes da formação bruta de capital fixo (FBKF).

Destaca-se nesta indústria, por um lado, seu papel como difusora de progresso tecnológico, uma vez que participa de todas as cadeias produtivas da economia. Nenhuma mudança tecnológica ou inovação, seja em produto ou processo, se desenvolve sem a aquisição de máquinas e equipamentos. Por outro lado, a presença de um setor doméstico produtor de meios de produção aumenta consideravelmente os efeitos de encadeamento para trás e o efeito multiplicador de qualquer expansão primária dos gastos autônomos na economia, ampliando o mercado interno e, consequentemente, o potencial de geração de emprego e renda. Quando uma nação importa considerável proporção de seus bens de capital, grande parte do efeito de retroalimentação dos investimentos é desviada para o exterior, pois a demanda induzida destina-se às importações e não estimula a produção doméstica. (ALÉM e PESSOA, 2005)

Por outro lado o desenvolvimento destes setores também é de especial importância para reduzir a vulnerabilidade externa da economia. A existência de capacidade produtiva doméstica de bens de capital reduz a restrição externa ao crescimento no que diz respeito, por um lado, da diminuição da propensão marginal a importar associada a uma dada taxa de investimento, o que gera considerável folga no balanço de pagamentos. Por outro, em períodos de instabilidade monetária ou crise o crescimento dos setores importadores de bens de capital ficam condicionados ao cenário macroeconômico, que podem impor limites ao crescimento interno destes setores demandantes (importadores) de bens de capital, diante um deslocamento de demanda agregada da economia nacional. Setores nacionais produtores de bens de capital poderiam satisfazer a demanda interna destes setores, diminuindo a restrição externa da indústria nacional, ao mesmo tempo em que os efeitos de encadeamento para trás dos investimentos repercutiriam sobre a produção interna.

As firmas produtoras de bens de capital delimitam-se em três gêneros: o de maquinaria elétrica, maquinaria mecânica (máquinas e equipamentos) e de material de transporte, sendo que apenas o segundo é constituído exclusivamente por bens de capital (VERMULM e ERBER, 2002). Nestes termos, a ênfase deste estudo recai sobre a produção de máquinas e equipamentos, por se tratar de um segmento produtor exclusivamente de bens de capital, retratando em essência a dinâmica produtiva e tecnológica desta classificação industrial.

Em suma, na indústria de bens de capital são produzidos máquinas e equipamentos – associados à indústria mecânica – e ônibus e caminhões – referentes à indústria de material de transporte. A fronteira tecnológica encontra-se na mecatrônica, ocorrendo ao longo das ultimas décadas uma profunda incorporação da eletrônica na produção e nos produtos da indústria mecânica (máquinas e equipamentos). A ampliação do conteúdo eletrônico e de *software* na produção do setor elevou ainda mais a já existente heterogeneidade entre os fabricantes, processo e produtos, no conjunto produtivo de máquinas e equipamentos. (ALÉM e PESSOA, 2005)

Em plano interno às firmas, onde se encontram os elementos microeconômicos, determinantes da produção de máquinas e equipamentos se relacionam com a tecnologia especifica envolvida na produção, enquanto, em plano externo, determinantes macroeconômicos impõem suas condições.

Considerando o plano interno, os determinantes da produção se expressam segundo suas especificações técnicas (padrões tecnológicos de produção), onde a produção ocorre de forma seriada ou sob-encomenda. Fatores-chave para o desenvolvimento tecnológico, produção, competitividade ou para o processo de acumulação de conhecimento dentro destes dois padrões são distintos, merecendo atenção:

**Bens de capital seriados** são produzidos em escala (ou em série), com relativa padronização de projetos, uma vez em que a produção se relaciona com tecnologias mais maduras, mesmo que a produção para diversos ramos industriais carregue consigo a complementariedade de novas tecnologias. Este padrão produtivo, que ocorre em escala, exige plantas rígidas e mão de obra especializada. Considerando os níveis de amadurecimento tecnológico a engenharia ocorre principalmente em processo, fazendo com que a busca por produtividade, eficiência produtiva, redução de custo e qualidade sejam fontes dinâmicas de capacidades competitivas, enquanto a concorrência no mercado ocorre principalmente por via dos preços. Os investimentos seguem na direção da ampliação da capacidade instalada, e as inovações são incrementais, ocorrendo principalmente em processo, mesmo que seja alta a incidência de inovações em produto que é um comportamento característico da produção de máquinas e equipamentos.

Por outra via, a **produção sob-encomenda** apresenta características técnicas singulares a cada projeto, que muitas vezes têm a utilização específica às necessidades dos clientes. Este padrão geralmente abrange uma gama de equipamentos flexíveis e de alta sofisticação tecnológica, assim como pessoal ocupado de alta qualificação capazes de desenvolver as tecnologias que os clientes necessitam. Para isto ocorre o uso de diferentes paradigmas tecnológicos, maduros e incipientes. A engenharia reversa[[1]](#footnote-1) e a inovação em produtos se destacam como eixo de busca deste neste padrão produtivo, podendo ocorrer inovações radicais, principalmente em produto, ou em processos para produzi-los. A concorrência ocorre via personalização e diferenciação produtiva. Investimento em aprendizado, treinamento e P&D tornam-se eixo motor de competências tecnológicas e competitivas para estas empresas, mesmo que não deixem de ser importantes também para a produção seriada. Este padrão tecnológico se destaca pela intensidade de capital intelectual e conhecimento acumulado sobre o desenvolvimento tecnológico de seus produtos.

Principalmente os setores produtores de bens de capital sob encomenda se destacariam pela importância do aprendizado tecnológico no ato de fazer (*learning by doing*) e pelo desenvolvimento de pesquisas internas, ou com parcerias, de novos produtos e processos (*learning by searching*), mesmo que o esforço tecnológico das empresas estaria, em grande parte, relacionado ao dinamismo do mercado e às exigências dos compradores das máquinas e equipamentos. (AVELAR, 2008; apud BERTASSO, 2009)

Araújo (2011), classificando a produção de máquinas e equipamentos de acordo com a taxonomia de Pavitt (1984), considerou o setor de bens de capital como sendo de fornecedores especializados (*specialised suppliers*). Contudo, há características que os aproximam também às outras categorias de classificação. Por exemplo, a fabricação de bens de capital seriados é, em parte, intensiva em escala (*scale intensive*) enquanto a fabricação de bens de capital sob-encomenda demanda trabalho especializado e pode originar suas próprias trajetórias tecnológicas (*science based*).

Assim sendo, os diferentes padrões produtivos (ou de concorrência) são determinados de acordo com as especificações técnicas da produção e tecnologias especificas utilizadas pelas empresas para a produção destinada para cada setor em especifico, podendo a produção ocorrer de forma seriada, sob-encomenda, ou de uma combinação de ambos.

Se tratando do plano macroeconômico, outros determinantes rondam o setor: O desempenho da indústria de bens de capital – ou de máquinas e equipamentos – é pró-cíclico, condicionado pelo ciclo de investimento da economia. Apenas após os setores econômicos utilizarem da capacidade ociosa instalada demandarão máquinas e equipamentos, sendo necessários crescimento e estabilidade econômica para que haja demanda sustentada ou investimento. Nestes termos, a realização do setor se relaciona diretamente com o nível do PNB, e no caso brasileiro, menos com o desempenho da economia mundial.

Investir em bens de capital trata-se de uma decisão incerta, que se relaciona intimamente com as expectativas do empresariado de outros setores da economia, e se trata da aquisição de um ativo de baixa liquidez, dentro de um horizonte de longo-prazo. Vermulm e Erber (2002) destacam três variáveis essenciais para a manutenção da competitividade e desempenho do setor em economias abertas: o juro, o câmbio e a tributação do investimento. Bertasso (2009) e Vermulm (2003) salientam o caráter bastante instável da demanda de máquinas e equipamentos justamente pelo forte componente expectacional envolvido nas decisões de investimento.

O juro – referência para expectativa de valorização do capital – condiciona o financiamento da produção e comercialização das máquinas e equipamentos, cumprindo papel decisivo nas condições de competitividade de uma empresa, ou mesmo de um subsetor nacional inteiro (BERTASSO, 2009). O câmbio, quando valorizado viabiliza a modernização produtiva, facilitando a aquisição de máquinas e equipamentos de alto nível tecnológico dos mercados internacionais. Por outro lado aumenta a concorrência em mercado nacional, em muitos casos substituindo a produção nacional. Quando desvalorizado o cambio encarece a modernização dos processos e diminui as massivas importações de máquinas e equipamentos, protegendo produtores nacionais. A tributação do investimento incide diretamente na produção de máquinas e equipamentos, por sua demanda ser caracterizada como investimentos por parte de outros setores econômicos.

As dependências da importação e do repasse tecnológico de máquinas e equipamentos trás profundas limitações para o crescimento de uma econômica, como é o caso brasileiro. Estas dependências repercutem na balança comercial, na capacidade de crescimento das firmas da nação, assim como desenvolve uma trajetória passiva de dependência de repasse/importação tecnológica para que haja o avanço tecnológico na produção nacional de máquinas e equipamentos.

A produção de máquinas e equipamentos é envolta de uma profunda integração produtiva em cadeia entre diversos segmentos e nações envolvidas, sendo comum o padrão de comércio intra-indústria. Assim, um concreto relacionamento com uma série de fornecedores (de peças, componentes e outras máquinas e equipamentos) é essencial para o desempenho da indústria de máquinas e equipamentos (ou bens de capital). Isto viabiliza o desenvolvimento tecnológico conjunto e a constante atualização tecnológica das empresas. A proximidade geográfica é de suma importância neste aspecto, mas deve-se ter em mente que a confiança e os compromissos em setores intensivos em tecnologia e valor agregado são firmados ao longo tempo, a partir do relacionamento entre as firmas.

Ainda assim, as expectativas futuras para os diversos setores econômicos é o principal determinante do desempenho da produção de máquinas e equipamentos. O ambiente de crescimento econômico estável é o principal estímulo à expansão e desenvolvimento do setor. Por outro lado, recessões e um ambiente econômico instável causam incertezas que rondam as expectativas futuras ocasionando efeitos negativos de maior magnitude à indústria de bens de capital do que em outros setores de uma economia. Máquinas e equipamentos é ainda mais sensível às oscilações do mercado por produzirem exclusivamente bens de capital. Ainda mais sensível é a produção sob-encomenda, uma vez que o componente de expectativas e a duração dos projetos relacionam-se com condições de mais longo prazo, e também é maior a complexidade tecnológica. (VERMULM, 2003)

**CONSIDERAÇÕES SOBRE A PRODUÇÃO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS NO BRASIL E NO MUNDO**

Historicamente a indústria mundial foi concentrada nos países desenvolvidos. Em plano internacional vêm ocorrendo um intenso deslocamento industrial para os PED (países em desenvolvimento), em especial a China. Este movimento é ainda mais intenso na produção de máquinas e equipamentos: em 2000 apenas 15,8% da VA tinha origem nos PED, em 2009 o proporcional já alcançou 30,3%. UNIDO (2012). Este padrão de oferta se relaciona com uma profunda expansão da demanda (consumo) nos respectivos mercados em desenvolvimento. Este é o caso da China, e o Brasil não diverge do padrão, em que o mercado interno tem sido o motor do crescimento no setor.

Apesar de representar 6,6% do VA (valor adicionado) ‘industrial’, o setor é responsável por 1/6 (17%) das exportações mundiais, sendo que para 2010 a China e a Alemanha foram os maiores exportadores de máquinas e equipamentos, seguidos pelos EUA e o Japão. Em relação à outros segmentos a produção equivale a 2/3 da indústria de Alimentos e Bebidas, ou da Indústria Química, 2º e 3º maiores segmentos industriais[[2]](#footnote-2). ABDI (2011).

Nos PED, além do intensivo crescimento do consumo e produção, ocorreu a ampliação do setor na pauta de exportações destes países (de 10,5% para 14,8% entre 1995 e 2010). Movimento inverso ocorreu no caso brasileiro: as exportações do segmento caíram de 10,1% para 7,8% da pauta. Apesar da crescente exportação brasileira de máquinas e equipamentos, que triplicou em 15 anos[[3]](#footnote-3). ABDI (2011).

Portanto, paira sobre a economia mundial um novo padrão de oferta de máquinas e equipamentos, impulsionada por um novo padrão de demanda destes bens. Esta nova estrutura de oferta se amplia em meio aos PED. O Brasil, em meio ao contexto, perdeu expressão na produção e exportação de máquinas e equipamentos.

Sobre perspectiva da economia brasileira, apesar do baixo dinamismo de crescimento da indústria de transformação nos últimos anos, é crescente a FBKF. Em 2003 a taxa de investimento (FBKF/PIB) da economia nacional alcançou seu menor índice em 15 anos, de 15,3%. A partir de então o crescimento da taxa de investimento da economia (crescimento real da FBKF) tornou-se maior que o dobro do crescimento real do PIB nacional, 8,6% e 4,1%, respectivamente, média de 2005 a 2011. Isto expressa um aumento no potencial de crescimento da economia brasileira que alcançou taxas de investimento superiores a 19,3% em 2010 e 2011.

**Tabela 1 – Taxa de investimento e participação (%) dos componentes da FBKF no Brasil, de 1995 a 2011.**



Fonte: Elaboração própria, com base nos Relatórios Anuais do Bacen (2012).

*\* Taxa de Investimento = FBKF / PIB nacional.*

No entanto, o Brasil expressa uma taxa de investimento no nível dos PD. A taxa de investimento média dos PED em 2010 foi de 27,2% - 40% maior que a taxa de investimento brasileira. Na China a Taxa foi de 45,4%, Índia e Coréia do Sul na casa dos 29%. ABDi (2011).

Desde a década de 80 o eixo dinâmico da FBKF na economia brasileira foi a construção civil, e assim continuou sendo nos anos 90 (VERMULM, 2003). Este quadro mudou a partir 2003. No contexto do recente movimento de crescimento sustentado da taxa de investimento da economia brasileira (Tabela 1), é profundo o relacionamento do movimento com a aquisição de máquinas e equipamentos (bens de capital), que se reflete como principal componente da FBKF a partir de então.

O cenário econômico promissor vivenciado a partir de 2003 fez com que o Brasil retomasse o crescimento a níveis sustentados (PIB: média de 4,1% ao ano entre 2004 e 2011), elevando a taxa de investimento da economia nacional. Isto incidiu diretamente na demanda por bens de capital, que liderou o crescimento industrial da economia nacional no último ciclo expansivo, quase dobrando sua participação na produção industrial durante a década, de 6,7% em 1999, para 13,6%, já em 2008. A produção de bens de capital[[4]](#footnote-4) dividiu-se em: 17,4% classificado sobre o gênero exclusivamente mecânico (80,5% sob forma seriada e 19,5% sob encomenda), 45,3% da produção como material de transporte, 9,5% como bens de capital agrícola, 8% para a energia elétrica, e 3,3% para a construção. Ao longo dos anos 2000 destacaram-se o setor de transporte (com apenas 26% da indústria de bens de capital no início da década), e de Construção. (BACEN, 2012)

No plano da indústria de transformação, com base na CNAE (2.0), o segmento de máquinas e equipamentos representou pouco mais de 1% do valor adicionado da economia nacional, 3,7% da indústria, e de 5,5% para 6% da indústria de transformação entre os anos de 2003 e 2009. A dinâmica geral da indústria de transformação foi bem abaixo das expectativas, mas este não foi o caso da indústria de bens de capital. A produção de bens de capital cresceu 8,7% ao ano, e o segmento de máquinas e equipamentos: 6,1% ao ano. A indústria de bens de capital superou até mesmo o crescimento produtivo da indústria Extrativa Mineral (de 4,8% ao ano no mesmo período). No Brasil, em comparação com o principal segmento da indústria de transformação, a produção (VA) de máquinas e equipamentos equivale a pouco mais de 40% de Alimentos e Bebidas. (IBGE, 2012)

De fato, foram profundas as dificuldades pelo qual passou o segmento de Máquinas e Equipamentos da indústria nacional ao longo dos anos 80 e 90. A década de 80 foi ruim para os investimentos (essência da demanda por máquinas e equipamentos), enquanto a década de 90 exigiu adaptações competitivas por parte da indústria nacional. Apenas a partir dos anos 2000 – diante um novo regime cambial e após anos de modernização produtiva – o segmento produtor de máquinas e equipamentos nacional reagiu, chegando a buscar o mercado internacional e revelando sua competitividade. Isto é visível a partir do crescimento das exportações (de 2000 à 2008), sendo que o coeficiente de exportação e de Comércio Intra-Indústria atingiu valores acima dos 30% e de 0,9, nos anos antes da crise de 2008. Entre 2003 e 2006 o crescimento das exportações foi acompanhado da redução das importações, diante uma relativa substituição de bens importados por nacionais (no mercado doméstico), ao mesmo tempo em que a produção nacional também buscou o mercado internacional.

**Tabela 2 – Evolução de variáveis da indústria de máquinas e equipamentos nacional, de 2000 a 2010, em R$ milhões constantes de 2010.**



Fonte: Elaboração própria, com base na Abdi (2011), dados do IBGE e da Abimaq (2012).

*\* CII – Comércio Intra-Indústria[[5]](#footnote-5), calculado com base em Bernhofen (1999).*

Para 2009 e 2010, este quadro mudou drasticamente, com as importações chegando a quase três vezes os valores e coeficientes de exportação. Ao longo da década as importações e exportações oscilaram de forma inversa, sinalizando a importância do câmbio nas dimensões comercial e competitiva do setor.

Foi crescente o faturamento das empresas do segmento ao longo da década (de 69% entre 2000 e 2008, e 37% durante a década – pós-crise). O mercado doméstico foi o motor do crescimento, apesar das expressivas exportações correntes entre 2003 e 2008. O consumo aparente doméstico aumentou em 50% durante a década. Nestes termos, foi crescente o contingente de importações que ganhou o mercado doméstico brasileiro, mesmo que o fornecimento interno ainda seja predominante: em 2000, 62% do consumo doméstico fornecida pela produção nacional (38% do consumo importado); em 2010 esta relação foi de 56% e 44%.

Assim sendo, é expressiva a magnitude do déficit comercial de máquinas e equipamentos. De forma comparativa, com relação ao complexo Automobilístico e de Materiais de Transporte (com 16% das transações comerciais da indústria e 14,5% do déficit industrial em 2011), o segmento de máquinas e equipamentos mal expressou metade das transações comerciais deste complexo, entretanto, com um déficit comercial 60% maior.

Fica comprovado o carácter importador do segmento de bens de capital mecânico brasileiro (máquinas e equipamentos), que tem se intensificado ainda mais nos finais dos anos 2000. O coeficiente de importação do segmento (de 51%) superou em duas vezes a média da indústria de transformação (de 21,5%), confirmando o profundo nível de internacionalização do mercado nacional de máquinas e equipamentos, em relação à indústria nacional. Dados do IBGE, 2011.

Para 2010, 20% das importações tiveram origem dos EUA, 16% da China, 14% a Alemanha, 8% Japão e 8% da Itália. Ao longo da década a China ganhou posição aproveitando parte substancial do crescimento do mercado brasileiro de máquinas e equipamentos, em detrimento principalmente à Alemanha e à Itália. (ABDI, 2011)

Também foi crescente o número do pessoal ocupado na produção do setor, bem acima da indústria de transformação. O número de pessoas ocupadas é similar ao do complexo de veículos e material de transporte, e quase o dobro da classe industrial Extrativa Mineral. Para 2009 o segmento ocupou 2,8% dos empregados da indústria (pouco mais de 560 mil trabalhadores), contra 2,3% em 2005. (IBGE, 2011)

Portanto, é crescente a importância do segmento de máquinas e equipamentos na economia nacional, seja no plano do consumo, produção, comércio, geração de renda ou emprego. O segmento segue com alto nível de internacionalização, com profundo viés importador, que incide em um substancial déficit comercial. Durante a década dos anos 2000 as importações continuaram a ganhar o mercado nacional, apesar de haverem indícios de competitividade internacional do segmento.

**ANÁLISE DA CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA DAS EMPRESAS PRODUTORAS DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS DA INDÚSTRIA NACIONAL**

Por se tratar de um setor industrial que se relaciona com uma gama de outros setores da economia, existe uma constante exigência do mercado na direção do desenvolvimento de novos produtos e processos. Assim sendo é natural que o setor apresente uma elevada taxa de empresas inovadoras. Para 2008, os segmentos industriais com maior proporcional de empresas inovadoras foram: (1º) produtos farmoquímicos e farmacêuticos; (2º) produtos químicos; (3º) material eletrônico e aparelhos/equipamentos de comunicação; (4º) máquinas para escritórios e equipamentos para informática; com máquinas e equipamentos na (5º) posição do *ranking*.

Entre 2001-03 e 2003-05 o movimento das inovações no setor sinalizou a ocorrência do prolongamento de uma onda primária de ruptura tecnológica que pairou sobre no setor de máquinas e equipamentos na economia nacional. O período foi marcado pelo aumento do numero de empresas no setor (em 7,2%), com redução do numero de empresas inovadoras (em -3,1%), que reduziu a taxa (ou proporcional) de empresas inovadoras de 43,5% para 39,4%, entre 2003 e 2005. As inovações se concentraram principalmente em produtos. No plano dos dispêndios, entre 2003 e 2005 ocorreu um salto nos gastos/investimentos com a ‘aquisição de outros conhecimentos externos’ e ‘absorção das inovações tecnológicas introduzidas no mercado’, sinalizando o movimento das empresas imitadoras em busca da atualização/absorção tecnológica.

**Tabela 3 - Tipos de inovações das empresas brasileiras produtoras de máquinas e equipamentos, 2003, 2005 e 2008.**



Fonte: Elaboração própria, dados PINTEC (2003, 2005 e 2008).

Já entre os anos de 2003-05 e 2006-08 a tendência foi inversa, havendo uma redução no numero de empresas do setor (em -4,3%), um substancial aumento no número de empresas inovadoras (em 24%), em contrapartida à substancial redução dos investimentos com P&D (-33,5%). Este movimento se relacionou diretamente com a aquisição de tecnologia (inovação) em processo a partir da aquisição de outras máquinas e equipamentos de fornecedores internacionais, que, por sua vez, viabilizou uma profunda modernização produtiva. Em 2008 a taxa de empresas inovadoras alcançou 51%, sendo que 75% destas empresas inovaram em processo.

Os dados demonstram a inversão da onda inovativa primária em secundária, diante o estabelecimento de empresas e produtos no setor. Assim, observou-se entre 2000 e 2008 uma janela de mudanças tecnológicas em meio ao movimento cíclico tecnológico que ocorreu no setor de máquinas e equipamentos da economia brasileira.

A redução dos investimentos com P&D (em relação a receita liquida de vendas) é um movimento de diversos setores da indústria de transformação brasileira, se destacando em máquinas e equipamentos: o índice caiu de 1,2% para 0,5%, entre 2000 e 2008[[6]](#footnote-6). Por outro lado, o setor segue intensivo em gastos com “outras” atividades inovadoras, ganhando mais intensidade ao longo do período analisado. Estes gastos foram de 2,9%, 2,6%, 3,6% e 2,5%[[7]](#footnote-7), em 2000, 2003, 2005 e 2008, respectivamente. Assim sendo, fica confirmado que ‘Atividades internas de P&D’ não são o eixo dinâmico da capacitação tecnológica para a busca inovativa das empresas produtoras de máquinas e equipamentos da economia brasileira.

A partir da tabela 4 é possível observar a drástica redução da ‘importância’ das atividades de P&D interno para as empresas inovadoras do setor. Os dados sinalizam a visão, por parte dos empresários do setor de máquinas e equipamentos nacional, de que as atividades em P&D vem perdendo importância para o processo inovativo de suas empresas. Isto refletiu na redução dos investimentos com P&D.

**Tabela 4 – Grau de importância das atividades inovadoras para as empresas brasileiras que implementaram inovações, no setor de máquinas e equipamentos, 2003, 2005 e 2008**



Fonte: Elaboração própria, dados PINTEC (2003, 2005 e 2008).

Atividades de P&D não são a única forma de gerar capacidades para o desenvolvimento tecnológico. Nesta via, o segmento de máquinas e equipamentos nacional buscou, por meio de (1º) a ‘aquisição de máquinas e equipamentos’, principalmente para início e final do período analisado, (2º) ‘treinamento’ e (3º) ‘projetos industriais e outras preparações técnicas’, se capacitar tecnologicamente, com fins de desenvolver ou absorver tecnologias. Para o período de 2006-08 a ‘aquisição de softwares’ expressou sua importância, acima das atividades de P&D.

No plano dos dispêndios realizados com estas atividades inovadoras, o massivo dos gastos se concentrou na aquisição de máquinas e equipamentos como principal meio de capacitação tecnológica, com 66% dos dispêndios realizados em 2006-08. Apesar da perda de importância das atividades de P&D ao longo do período analisado, esta atividade manteve-se como segunda no destino dos investimentos inovativos, com um quarto dos gastos realizados com a aquisição de máquinas e equipamentos. Em 2003 a P&D foi alvo de 22% dos gastos inovativos, em 2008, o proporcional foi 15,3%.

Para ‘Projetos industriais e outras preparações técnicas’, entre 2001 e 2005, os gastos ultrapassaram 11% do total, e para 2006-08 o índice foi de 6,2%. Gastos com Software: acima de 3% entre 2003 e 2008. ‘Treinamento’, apesar de ser a 2ª atividade mais importante para a capacitação tecnológica das empresas do setor, não apresentou ser alvo de volumosos investimentos, com apenas 2% dos gastos em 2008.

Portanto, seguem concentrados os dispêndios do setor de máquinas e equipamentos, baseado na aquisição de outras máquinas e equipamentos, como principal meio de capacitação tecnológica. Este repasse tecnológico se relaciona principalmente com inovações em processo, apesar de trazer consigo capacidade tecnológica para produção de novos produtos. A perda da importância e investimento em P&D como meio de capacitação tecnológica das empresas no setor, por sua vez, se relaciona diretamente com a capacidade de desenvolvimento de tecnologias próprias por parte da firma (tecnologia endógena).

A queda da importância das atividades de P&D se fez sentir no numero de pessoal ocupado nos departamentos de P&D da indústria de máquinas e equipamentos, entre 2005 e 2008, cuja redução foi de 45%, 5657 para 3110 funcionários. A nova estrutura de qualificação (para o ano de 2008) se intensificou ainda mais em pessoas com nível médio de formação (50,3% do pessoal ocupado), em detrimento de graduados (38,2% do pessoal). Apenas 5,4% foram pós-graduados em 2008.

O fato é que estas mudanças incidem diretamente na capacidade de desenvolvimento endógeno de tecnologia das empresas, ou do conjunto produtivo (a redução dos investimentos em P&D e a queda na qualificação dos departamentos). Ainda assim, para melhor entender a evolução tecnológica da produção de máquinas e equipamentos no Brasil, outras medidas devem ser analisadas.

No que tange as capacidades de aprendizado interno das firmas, diferentes meios foram aprimorados. Por um lado ocorreu, até 2008, uma significativa redução dos investimentos em P&D, e o treinamento se expressou com os menores níveis de investimento. Ao mesmo tempo seguiu concentrada a aquisição de máquinas e equipamentos como principal meio de capacitação tecnológica das empresas. Isto sinaliza uma considerável eficiência do aprendizado das empresas brasileiras no ato de fazer (*learning by doing*), e através do uso de suas máquinas e equipamentos para produzir (*learning by using*). O aprendizado pelo treinamento, apesar da importância, não demonstrou ser alvo de investimentos, enquanto o aprendizado por meio da busca e P&D (*learning by* searching) perdeu importância como meio de capacitação tecnológica das firmas produtoras de máquinas e equipamentos da indústria nacional.

Outro importante método para medir a capacidade de inovação tecnológica de um setor da economia é pela intensidade com que suas empresas criam ‘novos produtos para o mercado’. O desenvolvimento de novos produtos para o mercado exigem elevados custos com a busca inovativa (dispêndios com P&D, testes de certificação, etc.), além de serem susceptíveis à reprovação do mercado. Por outro lado, quando a maior parte das inovações são em ‘produto novos para a empresa’, significa que a empresa costuma implementar seu portfólio com produtos já existentes no mercado, adaptando ou imitando a inovação/tecnologia original.

No primeiro caso a empresas se posicionam ativamente na busca tecnológica, com fins gerar oportunidades econômicas com a aplicação das novas tecnologias, muitas vezes gerando novos mercados para novos produtos. O segundo caso é de empresas conservadoras, defensivas ou imitadoras, cuja busca tecnológica se baseia na adaptação de tecnologia existente. O contingente de empresas que inovaram produtos para o mercado no setor de máquinas e equipamentos foi crescente (de 6,4% em 2003 para 10% em 2008), sinalizando um crescente nível de capacidade de inovação em produtos no setor. O principal agente responsável pela inovação foi a própria empresa, enquanto evoluiu substancialmente (principalmente no início da década), ainda que em baixa escala, a “Cooperação com outras empresas ou institutos” como agente parceiro responsável pelas inovações em produto nas empresas do setor.

**Tabela 5 – Principal responsável pelas inovações, em produto ou processo, das empresas inovadoras produtoras de máquinas e equipamentos da indústria brasileira.**



Fonte: Elaboração própria, dados PINTEC (2003, 2005 e 2008).

Pelo lado do processo produtivo, principalmente para os últimos anos analisados (2006 e 2008, que aumentou em 57,6% o número de empresas que inovaram em processo, englobando 38,4% das empresas do setor), os dados sinalizam modernização a partir de processos ‘novos para a empresa’. Neste caso o principal responsável pela inovação foram os fornecedores, evoluindo, ainda em baixa escala, “a própria empresa” como outro principal responsável pela inovação/tecnologia em processo nas firmas.

Logo, os dados indicam avanço na capacidade de desenvolvimento de inovações em produtos ‘novos para o mercado nacional’ de um grupo seleto de empresas, enquanto a massa adota posição defensiva/imitadora. Pelo lado dos processos confirmou-se o profundo repasse tecnológico que ocorre por via dos fornecedores (classificado na Tabela 5 como ‘outras empresas ou instituições’).

Sobre o ângulo da evolução da ‘importância das fontes de informação’, outra importante ocorrência deve ser destacada: para as empresas que mantiveram seus departamentos de P&D foi observado ganho de eficiência dos departamentos. Isto é visível a partir do crescimento da importância da P&D interna como fonte de informações tecnológicas para as empresas com estes departamentos.

Mas a dinâmica geral é de redução da importância da P&D, e apesar de as ‘outras áreas internas’ da empresa serem a principal fonte de informação interna, parece perder importância, enquanto fontes externas de informação se destacam como meio de absorção de informações e conhecimento relevantes para a capacitação tecnológica e competitiva das firmas, em um movimento de relativa diversificação das fontes de informação tecnológica das empresas no setor.

A magnitude da importância de outras áreas internas a empresa como fonte de informação para a capacitação tecnológica reforça a posição do aprendizado no ato de fazer e através do uso (*learning by doing and learning by using*) como os principais meios de aprendizado que as empresas brasileiras desenvolveram, e pelo qual fazem a manutenção de suas capacidades tecnológicas.

No plano das fontes de informações tecnológicas externas, ao longo do período analisado, (1º) redes de informação informatizadas se posicionaram como principal fonte de informação, seguida dos (2º) Clientes e consumidores e das (3º) Feiras e exposições. Os (4º) fornecedores ganharam importância nos últimos anos. Isto confirma que ocorreu diversificação das fontes de informação para a capacitação tecnológica das empresas no setor. A localização destas fontes de informação concentrou-se no Brasil. Principalmente as (1º) Redes de informação informatizadas e os (4º) Fornecedores foram as que mais ganharam importância no período.

**Tabela 6 – Importância da fonte de informação para as empresas que implementaram inovações, em máquinas e equipamentos, 2003, 2005 e 2008.**



Fonte: Elaboração própria, dados PINTEC (2003, 2005 e 2008).

A intensa importância de Clientes/consumidores e Fornecedores como principais fontes de informação demonstra que o aprendizado por meio da interação (*learning by interacting*), principalmente com clientes, também são fundamentais para a capacitação tecnológica das firmas, e ganham destaque em detrimento ao aprendizado por meio de busca e P&D (*learning by searching*). Da mesma forma, as redes de informação informatizadas são fontes de informação e de aprendizado que ocorre a partir da interação com outros agentes, assim sendo, aprendizado por interação (*learning by interacting*).

A cooperação pode potencializar o progresso tecnológico. Principalmente quando as empresas buscam ativamente o desenvolvimento tecnológico, esta estratégia torna-se primordial. São elevadíssimos os custos do processo inovativo e a cooperação pode diluir estes custos, da mesma forma que fornece informações relevantes para a empresa, seja em plano mercadológico ou tecnológico. Objetivos mais comuns para a cooperação são o desenvolvimento tecnológico conjunto, P&D, treinamento, testes, ou para busca de informações mercadológicas.

Por via da tecnologia, quando ocorrem parcerias com fornecedores o desenvolvimento tecnológico incide sobre a eficiência dos processos produtivos, de forma a reduzir custos, aumentar a produtividade ou flexibilizar a produção (inovações em processo). Quando ocorrem parceiras com clientes as inovações em produto são alvo da busca tecnológica. Produtos aprimorados, ou mesmo novos produtos (com funções distintas das originais) podem surgir em meio a esta interação, além de que, os clientes são a principal fonte das informações de mercado para as firmas do setor.

Parceiras com universidades e centros de pesquisa viabilizam tanto o desenvolvimento como ensaios de novos produtos, P&D, além de muitas vezes trazer a tona inovações em processos para as empresas. Parceiras e cooperação tecnológica com concorrentes também podem reduzir custos com P&D, ou desenvolver determinados produtos e processos direcionados, beneficiando ambas as empresas, quando existem objetivos tecnológicos comuns. Portanto, a parceira com cada agente econômico incide em uma direção pelo qual a tecnologia tende a ser desenvolvida.

**Tabela 7 – Grau de importância da parceria, das empresas que mantêm cooperação com outras empresas ou instituições, 2003, 2005 e 2008.**



Fonte: Elaboração própria, dados PINTEC (2003, 2005 e 2008).

Das empresas inovadoras 14% apresentaram algum tipo de parceria ou cooperação em 2006-08. Este percentual ainda é baixo, mas bem acima do observado no início da década: 4,5% entre 2001-03, e 9% entre 2003-05. O substancial aumento do número de empresas que estabeleceram cooperação entre 2001 e 2008 foi de 274% (105 para 393 empresas). Os dados sinalizam a crescente importância da colaboração como nova estratégia para o desenvolvimento tecnológico no setor de máquinas e equipamento nacional.

O principal agente de cooperação no setor de máquinas e equipamentos são os clientes/consumidores. Evoluiu a cooperação com ‘fornecedores’ e ‘empresas de consultoria’, 2º e 3º principais parceiros para o desenvolvimento tecnológico das firmas. A cooperação com fornecedores, entre 2003-05, por sua vez, chegou a se posicionar tanto quanto ou mais importante que a cooperação com clientes/consumidores.

‘Universidades e institutos de pesquisa’, assim como ‘centros de capacitação profissional’ seguem como outras parcerias de cooperação tecnológica, “restritos” a um grupo particular de empresas do setor. Parceria com concorrentes apresentou quase não existirem. Das parcerias estabelecidas, com universidades e institutos de pesquisa são as que mais apresentaram o objetivo de ‘P&D e ensaios para testes de produtos’, mesmo que as parcerias com fornecedores, e principalmente clientes, também apresentem consideráveis níveis de cooperação conjunta para estes fins.

Dentre as empresas que tiveram cooperação com “outra empresa do grupo”, 70,5% consideraram a parceria de alta importância. Isto significa que este tipo de cooperação segue como a mais importante para estas empresas. O objetivo desta parceria oscilou entre ‘outras atividades’ e de ‘P&D/ensaios’.

**CONCLUSÃO DA ANÁLISE**

As capacidades de desenvolvimento tecnológico fomentado por meio da aquisição de outras máquinas e equipamentos, diante o uso das informações geradas dentro da empresa (que não em P&D), assim como nas interações com os clientes, são o eixo dinâmico da capacitação tecnológica do setor. Este é o padrão bruto observado, que, por sua vez, vem acompanhado de uma significativa redução da importância e do investimento em P&D como meio de capacitação e desenvolvimento tecnológico das firmas. Por outro lado, aumentaram as interações com agentes e fontes de informações externas as firmas (fornecedores e redes de informação), em um movimento de relativa diversificação das formas de absorção de informações e tecnologia exógena.

A aquisição de máquinas e equipamentos (para modernizar os processos produtivos e absorver tecnologia) gera o aprendizado *learning by using*. As interações entre cliente-produtor (que direcionam o desenvolvimento do produto) se relaciona com o *learning by interacting*. Junto com as informações e o aprendizado gerado dentro da empresa (*learning by doing*), determinam o padrão bruto de aprendizado da capacitação tecnológica do setor. Estes são os meios de aprendizado que acumulam conhecimento e realimentam a trajetória tecnológica das empresas do setor de máquinas e equipamentos.

A questão a ser destacada é a dependência, por parte do setor de máquinas e equipamentos, do repasse externo de tecnologia, que se expressa diante a magnitude da importância da aquisição de outras máquinas e equipamentos para a capacitação e atualização tecnológica das empresas no setor, principalmente em nível de processos. Soma-se a isto o fato de que o aprendizado por busca e P&D (*learning by research*), principal eixo dinâmico ‘endógeno’ de desenvolvimento tecnológico, apresentou perda de importância e investimento.

O fato é que um departamento de P&D é constituído por capital humano intelectual próprio, com capacidades singulares de desenvolvimento tecnológico. A redução dos departamentos de P&D de uma indústria incide, portanto, na queda de capacidade inovativa endógena do setor, que limita principalmente a produção de novos produtos. O treinamento, que qualifica e potencializa o desenvolvimento por parte deste capital humano, também não apresentou ser eixo dinâmico de investimentos. Tudo indica que aumentaram as limitações do desenvolvimento tecnológico próprio por parte das firmas do setor, diante a quebra das raízes endógenas desta capacidade de desenvolver tecnologia.

A aquisição de novas máquinas e equipamentos permitem aos produtores darem saltos tecnológicos, sem a necessidade de profundos esforços com a inovação e dispêndios com P&D. O esforço das empresas segue na direção de adaptar e aperfeiçoar a tecnologia adquirida, muitas vezes apenas imitando, que limita o conhecimento das empresas sobre os próprios processos produtivos, e restringe o desenvolvimento tecnológico endógeno capazes de reproduzir novos produtos e tecnologias. Por outro lado, o progresso tecnológico na direção de produtos mais sofisticados depende de melhores máquinas e equipamentos, se possível no vértice da tecnologia, que exigem das empresas brasileiras constante aquisição de máquinas e equipamentos, de forma que este meio de capacitação tecnológica do maquinário produtivo tornou-se padrão necessário para a modernização dos processos produtivos do setor. Nestes termos, a indústria de máquinas e equipamentos nacional segue intensificando sua posição seguidora e imitadora da tecnologia desenvolvida no mercado internacional, absorvendo tecnologia externa com base na aquisição de máquinas e equipamentos.

No entanto, índices incipientes de aumento da capacidade inovativa de empresas no setor sinalizam um grupo crescente de empresas tecnologicamente ativas (empresas schumpeterianas com ‘estratégias tecnológicas ofensivas’, que buscam lançar ‘novos produtos para o mercado’). Pelo lado dos processos produtivos foi crescente o papel das empresas como responsáveis pelas próprias mudanças tecnológicas. Pelo lado dos produtos, foi crescente o número de empresas que inovaram “novos produtos para o mercado nacional”.

Assim sendo, mesmo que o movimento geral no setor seja de intensificação do padrão de absorção tecnológica por via na aquisição de máquinas e equipamentos, os dados confirmam o estabelecimento de um grupo de empresas tecnologicamente ativas. A cooperação se estabeleceu como uma nova estratégia de desenvolvimento tecnológico (mesmo que ainda restrito a um grupo seleto de empresas), e as fontes de informação externas ganharam importância, enquanto a busca e as capacidades de desenvolvimento tecnológico endógeno perdeu dinâmica no setor de máquinas e equipamentos da economia nacional.

Portanto, respondendo a pergunta de pesquisa, observou-se, por parte dos processos produtivos, que o setor de máquinas e equipamentos nacional segue intensivo na dependência de transferência tecnológica por parte dos fornecedores internacionais. Por parte dos produtos, foi crescente a capacidade de desenvolvimento de novos produtos por parte de um seleto grupo de empresas, enquanto a massa produtiva segue conservadora e imitadora de produtos já existentes no mercado, adaptando tecnologias.

**REFERÊNCIAS**

ABDI (2011). **O núcleo tecnológico da Indústria Brasileira**. Agencia Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDi), 2011.

ALEM, A.C., PESSOA. R.M. **O Setor de Bens de Capital e o Desenvolvimento Econômico**: quais são os desafios? BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 22, p. 71-88, set. 2005.

ARAÚJO, B. C. O Núcleo Tecnológico da Indústria Brasileira – **Bens de Capital**. Livro IPEA. Brasília, 2011.

BACEN (2012). Banco Central do Brasil. Relatórios Anuais. Ultimo acesso: Dez. de 2012.

BERNHOFEN, D. M. Intra-industry trade and strategic interaction: Theory and evidence. **Journal of International Economics**, v. 47, n. 1, p. 225–244, fev. 1999.

BERTASSO, B. F. Documento Setorial: **Bens de Capital Seriados**. Perspectiva de Investimento em Mecânica - Projeto PIB, UFRJ-IE. Campinas, jan. 2009.

DOSI, G. Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. **Journal of Economic Literature**, v. 26, n. 3, p. 1120-1171, 1988.

DOSI, G. **Mudança técnica e Transformação Industrial**. Campinas: Ed. Unicamp, 2006.

DOSI, G. **Technological Paradigms and Technological Trajectories:** a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change. Research Policy, vol. 11, n. 3, 1982.

IBGE (2012). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de dados. Ultimo acesso: Dez. de 2012.

LUNDVALL, B. A. Why the New Economy is a Learning Economy**.** **Druid Working Paper**, Nº 04-01, Aalborg, 2001.

MALERBA , F. Learning by firms and incremental technical change. **The Economic Journal**, p. 845-859, July. 1992.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Criação do conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação.** Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscila Martins Celeste. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

NELSON. R. R.; WINTER, S. G. **Uma teoria evolucionária da mudança técnica**. Campinas: Ed. Unicamp (clássicos da inovação), 2006.

PAVITT, K. Sectorial patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory. **Research Policy**. n. 13, p. 343-737, 1984.

PINTEC. **Pesquisa de Inovação Tecnológica**. Rio de Janeiro: IBGE, publicações de 2000, 2003, 2005 e 2008.

ROSENBERG, N. Por dentro da caixa preta: Tecnologia e Economia. Campinas: Ed. Unicamp, 2006.

SILVA, L. A. **Brasil, China e Índia: O Investimento Direto Externo nos anos noventa**. Tese de Doutorado, Instituto de Economia, Campinas: UNICAMP, 2004.

STEWART, T. A. **Capital Intelectual**: a nova vantagem competitiva das empresas. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues, Priscilla Martins Celeste. Rio de Janeiro: Campus, 1998. 237 p.

TEECE, D.; Pisano, G. The dynamic capabilities of firms: an introduction. **Industrial and Corporate Change**, v. 1, n. 3, 1994.

TEECE, D. J. Profiting from technological innovation. **Research Policy** 15 (6), 285–305. 1986.

UNIDO (2012). United Nations Industrial Development Organization. Banco de dados. Ultimo acesso: Dez. 2012.

VERMULM, R.; ERBER, F. Cadeia: bens de capital. In: **Estudo da Competitividade de Cadeias Integradas no Brasil: impactos das zonas de livre comércio.** [S.l.]: UNICAMP-IE-NEIT, 2002. (Nota Técnica Final).

VERMULM, R. **A indústria de bens de capital seriados**. Documento elaborado no âmbito do Convênio CEPAL/IPEA. Dezembro de 2003.

ZAHRA, S. A. E GEORGE, G. Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension. **Academy of Management Review,** 27(2): 185-203. 2002.

1. Quando se adaptam as máquinas e equipamentos para a produção local. [↑](#footnote-ref-1)
2. O primeiro segmento é de Radio, Televisão e Equipamentos para Comunicação, com 20,7% do VA da indústria mundial. UNIDO (2011) [↑](#footnote-ref-2)
3. US$ 4.715 milhões para US$ 15.647 milhões entre 1995 e 2010. [↑](#footnote-ref-3)
4. Esta classificação considera que os bens de capital são produzidos com características elétricas, sob forma mecânica (máquinas e equipamentos), para o setor de construção, setor agrícola/pecuário, energia elétrica ou como material de transporte. Considerando que a produção mecânica segue exclusiva de bens de capital, segue sendo produzida com base nos padrões tecnológicos seriado ou sob-encomenda. [↑](#footnote-ref-4)
5. Metodologia de cálculo: CII = ((X + M) – |X – M|)/(X+M), sendo X as exportações e M as importações do setor analisado. [↑](#footnote-ref-5)
6. Para a indústria de transformação o movimento foi mais sutil, de 0,7% em 2000 para 0,6% nos anos de 2003, 2005 e 2008. Para máquinas e equipamentos os índices em 2003 e 2005 foram de 0,7% e 0,6%, respectivamente. [↑](#footnote-ref-6)
7. Para a indústria de transformação, gastos com outras atividades inovadoras: 3,2%; 1,9%; 2,2% e 2% para o mesmo período. [↑](#footnote-ref-7)