

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE ECONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

**OS PADRÕES DE COMÉRCIO E INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA  
BRASILEIRA DE MÁQUINAS-FERRAMENTA**

João Paulo Carneiro de Holanda Braga

**RIO DE JANEIRO**

Novembro/2008

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE ECONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

**OS PADRÕES DE COMÉRCIO E INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA  
BRASILEIRA DE MÁQUINAS-FERRAMENTA**

João Paulo Carneiro de Holanda Braga

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Faculdade de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Econômicas.

**Orientadora:**

**Profa. Dra. Lia Hasenclever**

**RIO DE JANEIRO**

Novembro/2008

## **AGRADECIMENTOS**

À Lia por sua orientação, pelos inúmeros comentários precisos, pela atenção e agradável companhia ao longo do trabalho.

Ao prof. Fabio Erber e prof. Ricardo Naveiro pelos valiosos comentários da banca de defesa do projeto de dissertação e apoio posterior.

Ao apoio fundamental de Manoel Reis, Adriane Rodrigues, Fabricio Catermol e Milene Bento Alves. Engenheiros e economistas do BNDES.

À disposição da ABIMAQ (em especial às informações do Departamento de Economia e Estatística), de Mauro Arruda, do IBGE (em especial à Roberta Busse), da empresa Romi e de Ana Paula Avellar.

A outros companheiros de BNDES: Claudia Nessi Zoneschain, André Nassif, Flavia Kicking, Roberto de Oliveira, Helena Tenório, Martha Scherer, Pedro Quaresma e Julia Torracca.

Ao Instituto de Economia/UFRJ. À coordenação do prof. David Kupfer e aos demais professores pelos ensinamentos desde a graduação. Aos amigos economistas Laura Carvalho, Victor Uller, Isabel Zborowski, Henrique Vianna, Romulo Ely, Tatavo, Rodrigo Chaves, Sálua e demais companheiros de mestrado.

À família e amigos de longa data: Jorge Jacob, Beatriz Soares, Marcio Guimarães, Leonardo Rodriguez, Luiza Fiorencio, Julio Oliva, Paula Lima, Rafael Vasconcellos, Luisa Cabral, Luanda Botelho, Marina Medalha, Leticia Éboli, Mariana Marinho e Diego Tavares. Agradecimento especial também a Esaú João Filho e Iracema Mendes.

## RESUMO

Dada a importância estratégica da produção de máquinas-ferramenta para os demais setores industriais e a relevância da inovação para este grupo de empresas, o objetivo deste trabalho foi compreender as principais características da produção e do consumo de máquinas-ferramenta no Brasil e analisar o comportamento inovador desta indústria a partir do ano 2000. Com este fim, foi realizado, além de pesquisa bibliográfica teórica e empírica sobre as características desta indústria, um esforço de construção de taxonomias sobre o padrão de comércio e de inovação com base nos dados de consumo e comércio da Pesquisa Industrial Anual Produto (PIA Produto, IBGE) e da Secretária de Comércio Exterior (SECEX/MDIC), e nos dados relativos às atividades de inovação nas empresas da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC, IBGE). A análise apontou para uma diversificação da produção nacional no atendimento a diferentes nichos de mercado sem, entretanto, confirmar a identificação de um padrão de especialização da produção nacional em máquinas de baixo conteúdo tecnológico. Ainda, a identificação de um déficit comercial e a análise das importações apontaram para lacunas no fornecimento de algumas máquinas de maior conteúdo tecnológico pelas empresas instaladas no Brasil. Quanto às atividades inovativas, foram identificados diferentes padrões de inovação entre as empresas. Diferente do resto da indústria, as empresas nacionais de grande porte, as nacionais de porte médio mais intensivas em P&D e as estrangeiras mais intensivas em P&D introduzem inovações de maior ineditismo e realizam atividades de inovação de maior dinamismo. Esta heterogeneidade reflete os diferentes nichos de mercado atendidos por estas empresas. Da mesma forma, o baixo nível de investimento e a baixa demanda por inovações na indústria brasileira desestimulam o gasto em atividades inovativas e a busca pelo aumento da sofisticação da produção na indústria de máquinas-ferramenta.

## **ABSTRACT**

Facing to the strategic importance of machine-tools for the Brazilian industry and for innovative activities, the aim of this dissertation is to comprehend the characteristics of the production and consumption of machine-tools in Brazil and analyze the innovative activities of this industry in the 00's. Besides a bibliographic research over the characteristics of this industry, is part of this essay an analysis of typologies about trade and innovation patterns, built through consumption and trade data from the Annual Product Industrial Research (PIA Produto, IBGE) and from the Brazilian Trade Department (SECEX/MDIC) and innovation activities' data from the Brazilian Innovation Research (PINTEC, IBGE). The data showed a diversified production of machine-tools in Brazil and an industry able to supply different market demands. It was not possible to identify a specialization pattern in low tech machines. Nevertheless, the foreign trade deficit showed a lack of supply of some high tech machines by the Brazilian machine-tools industry. The analysis of innovative activities data showed different innovation pattern in this industry. Unlike to the whole industry, the large-size national firms, the high-tech national middle-size firms and the high-tech foreign firms introduce original innovations and realize expenditures on more dynamical activities. This heterogeneity between the firms is due to the different kind of market supplied by these firms. The low investment rate and the low demand for innovation in Brazilian industry does not stimulate innovative expenditures and the search for technological improvements in machine-tools production.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>I. A PRODUÇÃO DE MÁQUINAS-FERRAMENTA: CONCEITOS BÁSICOS E CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO E DO PROCESSO</b> .....	<b>13</b>
I.1 A introdução de inovações na indústria de Máquinas-ferramenta.....	18
I.2 A interpretação da inovação da indústria de Máquinas-ferramenta à luz da literatura .....	21
<b>II. OS CICLOS EVOLUTIVOS DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS-FERRAMENTA NO BRASIL: ANTES E DEPOIS DE 1990</b> .....	<b>35</b>
II.1 A trajetória tecnológica e de competitividade de 1930 ao fim da década de 1980 .....	35
II.2 A abertura comercial e os “novos” desafios da indústria de máquinas-ferramenta (1990-1999).....	44
II.2.1 <i>Contextualização: as reformas e o desempenho da indústria brasileira no período</i> .....	44
II.2.2 <i>A resposta da indústria de Máquinas-ferramenta e seus desdobramentos</i> .....	47
<b>III. O COMPORTAMENTO DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS-FERRAMENTA NOS ANOS 2000, A ESTRUTURA ATUAL E SUA INSERÇÃO NO COMÉRCIO INTERNACIONAL</b> .....	<b>54</b>
III.1 O desempenho da indústria de Máquinas-ferramenta na década de 2000 .....	57
III.2 Estrutura atual da indústria de Máquinas-ferramenta.....	66
III.3 Uma proposta de tipologia de produtos para o caso brasileiro.....	70
III.4 Consumo de Máquinas-ferramenta no Brasil e o comércio internacional: tipos de equipamentos e complexidade tecnológica.....	73
<b>IV. O PADRÃO DE INOVAÇÃO DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS-FERRAMENTA: UMA ANÁLISE DA PINTEC 2000 e 2005</b> .....	<b>93</b>
IV.1 Aspectos Metodológicos .....	93
IV.2 Inovação na Indústria de Máquinas-ferramenta no Brasil (2000 e 2005).....	96
IV.2.1 <i>Perfil das Empresas da Amostra</i> .....	96
IV.2.2 <i>Distribuição e tipificação das inovações</i> .....	98
IV.2.3 <i>Caracterização dos gastos em atividades inovativas</i> .....	102
IV.2.4 <i>Caracterização das principais fontes de informação para inovação</i> .....	112
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>121</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>132</b>
<b>ANEXO 1 – PRINCIPAIS OPERAÇÕES REALIZADAS POR MÁQUINAS-FERRAMENTA PARA USINAGEM E CONFORMAÇÃO DE METAIS</b> .....	<b>138</b>
<b>ANEXO 2 – DESCRIÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO CNAE 2.0 PARA A INDÚSTRIA DE MÁQUINAS-FERRAMENTA (CNAE 28.4 – Fabricação de Máquinas-ferramenta)</b> .....	<b>141</b>

<b>ANEXO 3 – LISTA DE MÁQUINAS-FERRAMENTA COM BASE NA NOMENCLATURA COMUM DO MERCOSUL (NCM), CONSIDERADAS PARA AS ESTATÍSTICAS DE COMÉRCIO EXTERIOR.....</b>	<b>142</b>
<b>ANEXO 4 – DESEMPENHO DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS-FERRAMENTA NO BRASIL PARA O PERÍODO 1999-2006 .....</b>	<b>147</b>
<b>ANEXO 5 – RELAÇÃO DE MÁQUINAS-FERRAMENTA COM BASE NA LISTA DE PRODUTOS E SERVIÇOS INDUSTRIAIS – PRODLIST INDÚSTRIA 2006 - E CORRESPONDÊNCIA COM A NOMENCLATURA COMUM DO MERCOSUL ....</b>	<b>151</b>
<b>ANEXO 6 – PROPOSTA DE TIPOLOGIA DE MÁQUINAS-FERRAMENTA PARA O CASO BRASILEIRO .....</b>	<b>152</b>
<b>ANEXO 7 – LISTA DE MÁQUINAS NÃO-ELÉTRICAS CONSIDERADAS COMO DE ALTA TECNOLOGIA SEGUNDO A OCDE (HATZICHRONOGLU, 1997).....</b>	<b>153</b>
<b>ANEXO 8 – CONSUMO E EXPORTAÇÃO DE MÁQUINAS-FERRAMENTA NO BRASIL POR TIPO DE EQUIPAMENTO .....</b>	<b>154</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS, QUADROS, GRÁFICOS E TABELAS

<i>Figura 1 – A Taxonomia de Pavitt - Principais Encadeamentos Tecnológicos</i> .....	33
<i>Quadro 1 – Tipologia de Produtos para análise da indústria brasileira de máquinas-ferramenta</i> .....	71
<i>Gráfico 1: Evolução do Valor Bruto da Produção Industrial e do Valor da Transformação Industrial para a Indústria de Máquinas-ferramenta no Brasil (1999-2006) – mil R\$ de 2000</i> .....	58
<i>Gráfico 2 – Evolução das Taxas de Crescimento da Produtividade do Trabalho, do Valor de Transformação Industrial e do Pessoal Ocupado na Indústria de Máquinas-ferramenta no Brasil (2000-2006)</i> .....	61
<i>Gráfico 3 – Evolução do Consumo Aparente e das Importações de Máquinas-ferramenta no Brasil (2000-2006) – mil R\$ de 2000</i> .....	63
<i>Gráfico 4 – Evolução do Saldo Comercial, das Importações e das Exportações de Máquinas-ferramenta no Brasil (1999-2006) – mil R\$ 2000</i> .....	64
<i>Gráfico 5 – Distribuição dos Gastos em Inovação na Indústria de Máquinas-ferramenta por Atividade Inovativa – 2000 e 2005 (%)</i> .....	104
<i>Tabela 1 – Evolução da Taxa de Crescimento das Importações Brasileiras de Partes, Peças, Acessórios e Outros Componentes para Máquinas-ferramenta e a Relação entre o VTI e o VBP para a indústria de Máquinas-ferramenta no Brasil (2000-2006)</i> ..	60
<i>Tabela 2 – Distribuição do Faturamento das Empresas de Máquinas-ferramenta no Brasil por Tipo de Equipamento – 2001 a 2006 (%)</i> .....	74
<i>Tabela 3 – Participação das Vendas Internas no Faturamento das Empresas de Máquinas-ferramenta no Brasil por tipo de Equipamento – 2001 a 2006 (%)</i> .....	76
<i>Tabela 4 – Saldo Comercial para a Indústria de Máquinas-ferramenta no Brasil por Tipo de Equipamento - 2001 a 2006 (US\$ mil)</i> .....	81
<i>Tabela 5 – Distribuição das Exportações e Importações da Indústria de Máquinas-ferramenta por Tipo de Produto – 2001 a 2006 (%)</i> .....	81
<i>Tabela 6 – Número de Empresas no Setor de Máquinas e Equipamentos e na Indústria de Máquinas-ferramenta no Brasil (2000 e 2005)</i> .....	96
<i>Tabela 7 - Número de Empresas Inovadoras no Setor de Máquinas e Equipamentos e no Segmento de Máquinas-ferramenta no Brasil (2000 e 2005)</i> .....	97
<i>Tabela 8 – Taxa de Inovação para as Empresas do Setor de Máquinas e Equipamentos e da Indústria de Máquinas-ferramenta no Brasil nos anos 2000 e 2005 (%)</i> .....	98
<i>Tabela 9 - Gastos Totais em Inovação sobre o Faturamento do Setor de Máquinas e equipamentos e da Indústria de máquinas-ferramenta - 2000 e 2005</i> .....	105
<i>Tabela 10 – Gastos por Atividade Inovativa em relação ao Faturamento do Setor de Máquinas e Equipamentos e da Indústria de Máquinas-ferramenta (%)</i> .....	107
<i>Tabela 11 – Percentual de Empresas Inovadoras da Indústria de Máquinas-ferramenta e do Setor de Máquinas e Equipamentos que atribuíram Importância Alta ou Média para cada Fonte de Informação (%)</i> .....	114
<i>Tabela 12 - Percentual de Empresas Inovadoras da Indústria de Máquinas-ferramenta que Atribuíram Importância Alta ou Média para Cada Fonte de Informação (%)</i> .....	117

## INTRODUÇÃO

A baixa taxa de inovação na indústria brasileira, diagnosticada na Pesquisa de Inovação Tecnológica do IBGE (PINTEC), indica o baixo dinamismo das atividades inovativas no país. Identificar os fatores determinantes dos esforços inovativos nas empresas é o primeiro passo para compreender este diagnóstico.

Os resultados da PINTEC apontam a introdução de inovações incorporadas a equipamentos como a principal atividade inovativa realizada no Brasil. Baseado na compra de novos bens de capital, este esforço representou, em média, 48% dos gastos totais em inovação das empresas industriais brasileiras no período abarcado pela pesquisa (anos 2000, 2003 e 2005).

Isto posto, uma análise prévia da competitividade da indústria de bens de capital nacional e sua capacidade de introduzir inovações adequadas ao mercado é importante para o estudo da capacidade inovativa das empresas instaladas no Brasil. Estaria o setor de bens de capital brasileiro capacitado para atender às necessidades de incorporação de inovação da indústria brasileira? A indústria brasileira está, de fato, demandando inovações diferenciadas daquelas disponíveis no mercado nacional?

Dada a heterogeneidade do setor de máquinas e equipamentos, optou-se por estudar a indústria de máquinas-ferramenta. Esta indústria é, muitas vezes, apontada como o núcleo deste setor e é fornecedora estratégica para atividades industriais. Para atividades tradicionais, é importante difusora de novas tecnologias. Para atividades de maior dinamismo, é parceira fundamental no desenvolvimento de novas soluções.

A inovação é, assim, atividade primordial para o posicionamento estratégico e sobrevivência em certos nichos de mercado da indústria de máquinas-ferramenta. É de suma importância analisar a capacidade inovativa desta indústria no Brasil de modo a verificar suas possibilidades de diferenciação para agregar maior valor à produção nacional.

No entanto, além de sucessivos déficits comerciais para a indústria de máquinas-ferramenta, a literatura aponta para um padrão de especialização brasileiro em máquinas de menor valor agregado – Cruz (1993), Naveiro (2005) e Vermulm (2003). A este diagnóstico, outras questões se colocam: há, de fato, um padrão claro de especialização da indústria de máquinas-ferramenta nacional na produção de máquinas de menor valor agregado? A que nichos de mercado esta indústria atende?

De modo geral, é importante verificar se a indústria nacional é plenamente capaz de atender às principais demandas por máquinas-ferramenta no país, especialmente na atual conjuntura em que se desenha um novo ciclo de investimentos na economia brasileira.

Dada a importância estratégica da produção de máquinas-ferramenta para os demais setores industriais e a relevância da inovação para este grupo de empresas, o objetivo deste trabalho é compreender as principais características da produção e do consumo de máquinas-ferramenta no Brasil e analisar os principais aspectos que determinaram o comportamento inovador desta indústria a partir do ano 2000.

Com este fim, além de revisão da literatura, são utilizados dados da Pesquisa Industrial Anual do IBGE (PIA Produto e PIA Empresa), da Pesquisa de Inovação

Tecnológica (PINTEC, IBGE) e dados de comércio exterior da Secretaria de Comércio Exterior do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (SECEX/MDIC). Para a análise da PIA Produto e dos dados da SECEX, foi construída uma tipologia de produto para o caso brasileiro onde as máquinas-ferramenta foram agrupadas conforme o seu principal uso, sua complexidade tecnológica e relevância econômica para a indústria nacional. Para a análise das variáveis da PINTEC, foi construída tipologia de empresas onde as firmas foram agrupadas segundo porte, origem de capital e intensidade de P&D. Adicionalmente, foram realizadas visitas de campo e conversas com especialistas com o objetivo de analisar e validar alguns resultados.

Para a melhor exposição destes resultados, o presente trabalho está estruturado em quatro capítulos. O primeiro capítulo é resultado de amplo esforço de revisão da literatura acerca da indústria de máquinas-ferramenta e teoria da inovação. Nele, são expostos alguns conceitos básicos para compreensão da dinâmica da produção de máquinas-ferramenta e das principais características da inovação nesta indústria. A interpretação destas características é realizada com o apoio de revisão bibliográfica, com base em autores como Pavitt (1984), Levinthal (1998), Utterback (1996) e Von Hippel (1988).

No Capítulo 2, é apresentando histórico desde a década de 1930 até o fim da década de 1990. Neste capítulo, são identificados os principais ciclos de desenvolvimento industrial da economia brasileira de modo a analisar a constituição da indústria de máquinas-ferramenta. Em uma primeira seção, é identificada a trajetória tecnológica e de competitividade da indústria de máquinas-ferramenta no

Brasil até o fim da década de 1980. Na segunda seção, é analisado o período de abertura comercial, ainda nos anos 1990.

Tendo sido expostas as principais características da produção de máquinas-ferramenta e seu histórico de evolução no Brasil busca-se, no Capítulo 3, compreender o comportamento desta indústria já nos anos 2000. Através de dados da PIA Empresa (1999 a 2006) e revisão de literatura, é analisado o desempenho desta indústria durante a década e mapeada sua estrutura atual.

Ainda neste capítulo, verifica-se a inserção da produção nacional de máquinas-ferramenta no comércio internacional e o consumo destas máquinas no país, identificando os tipos de equipamentos e a complexidade tecnológica. Para esta análise, são utilizados os dados da PIA Produto e da SECEX/MDIC (2001 a 2006), analisados a partir de tipologia também proposta no Capítulo 3.

Já no Capítulo 4, são expostos os resultados da análise dos dados da PINTEC para a indústria de máquinas-ferramenta nacional nos anos de 2000 e 2005. São analisados dados como taxa de inovação, gastos em atividades inovativas e fontes de informação para inovação. Para esta análise, também é proposta tipologia para a identificação do padrão de inovação nesta indústria.

Após este capítulo, segue seção para conclusões onde são expostos os principais resultados do presente trabalho e apontados desafios para a indústria brasileira de máquinas-ferramenta.

## **I. A PRODUÇÃO DE MÁQUINAS-FERRAMENTA: CONCEITOS BÁSICOS E CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO E DO PROCESSO**

As máquinas-ferramenta são consideradas o núcleo da indústria de bens de capital. Em geral, são conhecidas como “máquinas que produzem máquinas”. Existe uma grande diversidade de modelos que se diferenciam pela finalidade, tamanho, peso, desenho, sistemas de controle, etc. A instalação destas máquinas no processo produtivo permite maior flexibilidade e a introdução de inovações incorporadas.

As máquinas-ferramenta têm importância estratégica para o desenvolvimento industrial pois incorporam tecnologias que determinam a produtividade de diversas atividades manufatureiras (Pavitt, 1984). Para as atividades tradicionais de manufaturas, ou seja, manufaturas já existentes, o setor de máquinas-ferramenta é um grande difusor de novas tecnologias. Para os setores que introduzem inovações, as empresas de máquinas-ferramenta podem ser parceiras no desenvolvimento de novas máquinas e equipamentos, demandadas para a introdução de novas tecnologias de produto e processo (De Negri *et al.*, 2008).

Entende-se como máquina-ferramenta, neste trabalho, a máquina não portátil usada para trabalhar metais, madeiras e outros materiais voltados para a produção de bens de capital, peças ou bens de consumo (Magalhães, 1976b). Esta máquina é formada por um conjunto de “órgãos” coordenados e capazes de imprimir movimentos a uma ferramenta, à peça a ser trabalhada ou a ambas, de modo que a peça adquira dimensões e formas previamente determinadas (BNDES, 1965).

As máquinas-ferramenta que trabalham metais podem funcionar por arranque de cavaco (para usinagem) ou por conformação, utilizadas na deformação de peças ou componentes para a produção de máquinas ou outros bens (Naveiro, 2005).

Dentre as máquinas que produzem cavaco estão os tornos, as fresadoras, as madriladoras e as furadeiras<sup>1</sup>. Elas diferem entre si por alguns parâmetros fundamentais como o tipo de ferramenta, o corte realizado e o tipo de cavaco produzido. Dentre as máquinas que operam por conformação, estão as prensas (mecânicas ou hidráulicas), os martelotes para forjar, dobradeiras e outras máquinas para trabalhar chapas. Diferem-se entre si pelo tipo de ferramenta e deformação estabelecida. (BNDES, 1965)

Algumas destas máquinas podem operar com eletrônica embarcada (principalmente as que funcionam com arranque de cavaco). Neste caso, adiciona-se um Controle Numérico Computadorizado (CNC)<sup>2</sup>. Máquinas-ferramenta de controle numérico (MFCN) são aquelas “cujas ordens de operação, quanto à trajetória e à velocidade das várias ferramentas são dadas pelo controle numérico” (BNDES, 1988, p.7). Este comando garante maior flexibilidade, troca automática de ferramentas e peças e outros atributos que imprimem maior produtividade.

A operação de máquinas com CNC ocorre, em geral, integrada a softwares de CAD (*Computer Aided Design*) e CAM (*Computer Aided Manufacturing*). O sistema CAD auxilia o projetista do produto enquanto o sistema CAM apóia a confecção do projeto, auxiliando o programador de CNC. O sistema CAM garante que o produto seja confeccionado conforme o projetado no CAD.

Conforme BNDES (1988), o sistema CAD “é um sistema de processamentos de dados que realiza cálculos e desenhos objetivando a concepção ótima do produto”(p.8). Já o sistema CAM, interligado ao CAD, “incorpora um ou mais

---

<sup>1</sup> Mais informações sobre máquinas-ferramenta no Anexo 1.

<sup>2</sup> “..instrumento eletrônico, um microcomputador, que dispõe de um programa com os parâmetros básicos para operação de uma peça.” (BNDES, 1988, p.7)

computadores através dos quais realiza tarefas envolvidas na organização, esquematização e controle das operações de manufatura do projeto”(p.8). Dominar os softwares CAD/CAM permite a operação de máquinas mais sofisticadas e pode dotar a empresa de capacidade em engenharia de produtos.

Além do CAD/CAM, o desenvolvimento de projetos pode ser auxiliado por outro software, menos difundido, o CAE (*Computer Aided Engineering*). O CAE é um aplicativo que auxilia a criação de protótipos virtuais para testar o desempenho de um produto projetado. Quando no desenvolvimento de produtos inovadores, reduz os custos de testes e da construção de protótipos físicos (Moreira, 2008).

Independente do uso de componentes eletrônicos, as máquinas podem se diferenciar pela flexibilidade, agregação de funcionalidades, tipo de corte<sup>3</sup>, dentre outros atributos. A diversidade tecnológica é uma característica determinante das máquinas-ferramenta:

*“Existe uma grande diversidade de MFs que se diferenciam pela finalidade, pelo sistema de controle, pelo porte, pelo grau de automação, pela flexibilidade, etc. Compreendem desde maquinaria de tecnologia tradicional operada de forma manual ou semi-automática até sistemas flexíveis de fabricação compostos de centros de usinagem, robôs e máquinas de medição.”* (Naveiro, 2005, pp. 16-17)

Visto isso, pode-se considerar os Sistemas Flexíveis de Fabricação como uma evolução das máquinas tradicionais citadas anteriormente. Para a melhor compreensão deste Sistema, vale apontar um segundo grupo de máquinas-ferramenta: os centros de usinagem. Um centro de usinagem é “uma máquina CNC

---

<sup>3</sup> Hatzichronoglou (1997), em clássico estudo da OCDE, considera como métodos de corte mais avançados o corte a laser ou eletroerosão, por exemplo. Mais recentemente também foram introduzidas máquina com corte por jato d’água. Mais informações no Anexo 1 e Anexo 7.

que pode realizar as operações de fresar, mandrilar e furar uma peça, com troca automática de ferramentas e de peça. De modo geral, são centros de fresagem ou torneamento” (BNDES, 1988, p.7). É, portanto, um avanço tecnológico em comparação às máquinas tradicionais podendo realizar mais de uma função, com maior flexibilidade.

Um Sistema Flexível de Fabricação (ou de manufatura) é formado por centros de usinagem integrados por um sistema automático de transporte (veículos, robôs ou guindastes) que movimenta as peças e as ferramentas entre as máquinas e auxilia na armazenagem. Todo o sistema é controlado por Controle Numérico Direto (CND)<sup>4</sup> computadorizado conectado a um computador central (BNDES, 1988).

Segundo a Associação Brasileira de Máquinas e Equipamentos - ABIMAQ (2008) - as máquinas-ferramenta podem ser: (i) convencionais, de tecnologia tradicional e madura (operada manual ou semi-automaticamente); (ii) automáticas, em geral com eletrônica embarcada; ou (iii) sistemas de produção, incluindo os centros de usinagem e os Sistemas Flexíveis de Fabricação.

Apesar da diversidade tecnológica, o processo de produção das diferentes máquinas-ferramenta apresenta algumas peculiaridades e características comuns, muitas vezes intrínsecas à produção de bens de capital. Uma delas diz respeito ao fato de o processo produtivo ser primordialmente de montagem de componentes - parte produzida pela própria empresa de bens de capital e outra parte comprada de fornecedores especializados (Erber & Chudnovsky, 1999).

---

<sup>4</sup> Sistema que interliga as operações de várias máquinas de CNC individuais, centralizando o controle e processamento. (BNDES,1988)

Outra especificidade está relacionada à escala de produção. A produção de máquinas-ferramenta pode ser seriada ou sob encomenda. Para as máquinas seriadas, a escala de produção é um fator de competitividade. Neste grupo, estão máquinas convencionais, de menor sofisticação tecnológica, mas também máquinas de comando numérico ou centros de usinagem. Já para as máquinas-ferramenta produzidas sob encomenda (ou especiais), a escala não é tão relevante para o processo produtivo. É importante um contato estreito com o cliente para identificar e atender as suas diferentes necessidades.

Dada esta característica da produção, Passos (1996) - ao adotar metodologia para o estudo da indústria de máquinas-ferramenta do Rio Grande do Sul - agrupa as máquinas em três segmentos conforme grau de flexibilidade e volume de produção: (i) máquinas-ferramenta convencionais; (ii) máquinas-ferramenta com comando numérico e centros de usinagem; (iii) máquinas ferramenta especiais (ou sob encomenda), convencionais ou de controle numérico. Em cada um destes segmentos, as máquinas atendem à necessidades específicas em termos de tamanho, precisão, rapidez e automação.

Da mesma forma, em cada um destes segmentos, a competição no mercado ocorre de forma diferenciada. No caso das máquinas convencionais, seriadas e de tecnologia madura, a competição é primordialmente via preço e o custo é fundamental. Para o segundo grupo, a competição ocorre via preço e por tecnologia, através de diferenciação do produto. Já para o segmento de máquinas especiais, além do relacionamento direto com os clientes, o principal determinante de competitividade é a tecnologia (Vermulm, 1994).

## **I.1 A introdução de inovações na indústria de Máquinas-ferramenta**

Considerando a importância da diferenciação na competitividade em certos grupos de máquinas-ferramenta, vale apontar as principais características tecnológicas inerentes ao produto e a seu processo de fabricação, bem como algumas tendências em tecnologia.

Como afirma Cruz (1993), o setor se caracteriza pelo fato do desenvolvimento da tecnologia de produto ser mais importante do que a de processo, apesar de o emprego da automação (incluindo, como visto, a utilização de MFCN e sistemas CAD, CAM ou CAE) também constituir fator de competitividade. Inovações de processo são importantes especialmente quando vinculadas à introdução de novos produtos. Neste sentido, a introdução de softwares como o CAD, CAM ou CAE é fundamental na medida em que também é determinante na capacitação das empresas para projetar novos produtos ou aperfeiçoar os já existentes.

Neste sentido, vale a pena destacar a importância do advento da microeletrônica na produção de máquinas-ferramenta. Como será explorado posteriormente, em histórico detalhado, as máquinas com comando numérico representaram, no fim dos anos 1970, a convergência da mecânica com a eletrônica, o que introduziu um novo padrão tecnológico na indústria.

Este novo padrão – associado aos novos softwares - permitiu avanços na produtividade, a fabricação de sistemas de produção (como os centros de usinagem) e a utilização de Sistemas Flexíveis de Fabricação. Além disso, teve impactos no processo produtivo do próprio setor. Um primeiro impacto foi uma mudança na dinâmica da concepção de produtos. A introdução dos softwares CAD e CAM no

processo de produção das empresas de máquinas-ferramenta garantiu maior capacidade de projetar e de executar estes projetos precisamente<sup>5</sup>.

Atualmente, a fabricação - bem como a utilização - de máquinas-ferramenta com CNC já é uma prática difundida. Segundo Avellar (2008b), o setor de máquinas-ferramenta, de maneira geral, já possui uma tecnologia madura e bastante difundida no mercado internacional:

*“Os projetos de melhoria tanto de produtos quanto de projetos nesse segmento, na maioria das vezes, são focados e assemelham-se à dinâmica dos equipamentos e motores elétricos, nos materiais utilizados e na redução de custos de produção. Estão presentes também alguns casos de melhoria de eficiência e de desempenho, muitas vezes condicionados aos itens eletrônicos que os compõem”* (p.75)

De fato, o que se observa é que as inovações em máquinas-ferramenta são essencialmente incrementais, conjugando mudanças na concepção do produto a inovações nas tecnologias utilizadas nas máquinas (Naveiro, 2005). Em geral, as inovações que vêm sendo introduzidas buscam maior velocidade, precisão, tolerância e flexibilidade.

Quanto à concepção de produto, Naveiro (2005) aponta tendência para a modularização e padronização<sup>6</sup> (que garantem aos fabricantes economias de escala tipicamente de produtos seriados) e para novas combinações de diferentes operações numa mesma máquina (máquinas multitarefa), eliminando certas máquinas especializadas.

---

<sup>5</sup> Além disso, as máquinas com CNC exigem maior escala de produção. As economias de escala, que não eram tão significativas, ganharam maior importância na produção de máquinas a comando numérico (Erber & Chudnovsky, 1999).

<sup>6</sup> “As MF estão sendo projetadas em módulos semi-independentes que podem ser combinados conforme as necessidades dos clientes. (...) Para tal pode-se utilizar conceitos de montagem e plataformas de produção de MF.” (Naveiro, 2005, p. 43)

Quanto à inovações nas tecnologias utilizadas nas máquinas, se destacam mudanças incrementais em certos subsistemas que compõem a máquina-ferramenta. Naveiro (2005) aponta a integração da tecnologia de informação e comunicação com a de fabricação. Aponta também a utilização de novos materiais para redução do impacto. Um exemplo dado é o concreto polimérico para a base da máquina, que garante amortecimento e maior estabilidade térmica.

Outras modificações incrementais freqüentemente citadas são aperfeiçoamentos no deslocamento da ferramenta (menor atrito, maior velocidade<sup>7</sup> e novas tecnologias de acionamento), na concepção da ferramenta (novas geometrias, novos materiais incluindo a introdução de nanotecnologia) e nas tecnologias de corte (jato de água, laser, plasma e eletroerosão).

Vale ressaltar que algumas destas modificações no produto exigem pequenas mudanças de processo. Segundo Moreira (2008), a introdução de máquinas multitarefa e de alta velocidade, por exemplo, exigiu sistemas CAM diferenciados que acompanhassem este avanço tecnológico.

O mapeamento destas tendências tecnológicas evidencia o caráter incremental das inovações na indústria de máquinas-ferramenta. A trajetória do produto foi construída com a introdução contínua de pequenas diferenciações. A finalidade principal das máquinas e a lógica de funcionamento das ferramentas se mantiveram. A inovação esteve em incorporar, ao longo do tempo, algumas tecnologias e introduzir pequenas diferenciações. Esta trajetória permitiu construir máquinas de maior velocidade, flexibilidade e eficiência.

---

<sup>7</sup> Uma nova geração de máquinas, freqüentemente citada, é as de usinagem de alta velocidade (HSM – *high speed Machining*; ou HSC – *high speed cutting*).

## I.2 A interpretação da inovação da indústria de Máquinas-ferramenta à luz da literatura

Como descrito na seção anterior, o comportamento da trajetória tecnológica das máquinas-ferramenta aponta para melhorias graduais no desempenho do produto, construídas a partir de uma base técnica pré-existente e difundida, o que Tushman & Anderson (1986) chamam de *competence-enhancing*. O conceito de *competence-enhancing* (valorização de competências) está relacionado a mudanças incrementais associadas a melhorias das competências já existentes. Uma descontinuidade tecnológica valorizadora de competências se apóia no *know how* já incorporado em tecnologias anteriores.

Em oposição, Tushman & Anderson (1986) expõem o conceito de *competence-destroying* (destruição de competências), relacionado a novas tecnologias associadas à modificação das competências necessárias para produzir. Neste caso, a nova tecnologia requer novas habilidades e conhecimentos. A experiência anterior se torna obsoleta, o que não parece ser o caso da indústria de máquinas-ferramenta.

Neste sentido, o conceito de *competence-enhancing* parece sugerir forte dicotomia entre inovações incrementais e radicais. Isto posto, outra abordagem, a de Levinthal (1998), pode ser complementar para a análise das inovações na indústria de máquinas-ferramenta. Nesta abordagem, a inovação passa a ter caráter radical na medida em que vai sendo aplicada em diferentes indústrias e é exposta a diferentes ambientes competitivos.

Para Levinthal (1998), um desafio da atividade inovativa é identificar diferentes possibilidades de aplicação para tecnologias já existentes. Identificar

novas possibilidades implica na fusão de tecnologias já utilizadas em uma terceira (aplicável no campo de atuação de uma das anteriores ou em um campo de atuação totalmente novo). O esforço tecnológico para viabilizar a nova tecnologia é mínimo, de caráter incremental. O custo está relacionado, principalmente, a esforços de adaptação à nova aplicação.

De fato, podem ser encontradas fortes sinergias desta abordagem com a indústria de máquinas-ferramenta na medida em que as inovações observadas são, fundamentalmente, aplicações de tecnologias difundidas também em outras indústrias<sup>8</sup>. A introdução do comando numérico é um exemplo. Outras tendências como a utilização de novos materiais (como nanotecnologia) e a integração de tecnologia de informação ao processo também demonstram esta sinergia. De fato, a simples introdução destas novas aplicações às máquinas não tem caráter radical, é resultado de um esforço marginal tal como na abordagem de Levinthal (1998).

O caráter radical da tecnologia dependerá do sucesso dos esforços contínuos de aplicação desta tecnologia a novas indústrias. Levinthal (1998) defende que a natureza e a velocidade de difusão desta inovação dependerá do ambiente de seleção, relacionado às especificações do novo nicho de mercado. Algumas características da demanda ou da estrutura da oferta permitem, inclusive, que a nova tecnologia co-exista com as antigas.

Levinthal (1998) exemplifica com o caso da tecnologia *wireless*. Os custos irre recuperáveis relativos à utilização da tecnologia a cabo reduziram a viabilidade de implantação da tecnologia *wireless* durante um período de tempo. Para o caso da

---

<sup>8</sup> Analogia semelhante foi realizada por Fialho, Hasenclever & Hemais (2003) para o caso da indústria de polímeros.

indústria de polímeros, Fialho, Hasenclever & Hemais (2003) observam que, apesar da introdução da tecnologia *Single Site Catalysts* (SSC), algumas empresas continuaram produzindo no padrão anterior. Estas empresas eram tecnologicamente dependentes e se voltaram a nichos de mercado de baixo valor agregado.

Na indústria de máquinas-ferramenta, também pode ser observada a coexistência das novas tecnologias com as obsoletas. As máquinas mais avançadas não substituíram totalmente as convencionais. No histórico, observou-se que nem mesmo a introdução da lógica microeletrônica no processo foi capaz de substituir inteiramente os padrões já existentes.

O que se observa é que há demanda tanto para máquinas convencionais quanto para máquinas mais avançadas, como as com comando numérico. Dependendo da natureza da atividade produtiva, do seu grau de desenvolvimento tecnológico ou da escala de produção há maior demanda por máquinas convencionais. Há também algumas etapas de processos produtivos, mesmo em indústrias mais avançadas, em que a introdução de máquinas com comando numérico não é a escolha mais racional. Ademais, a necessidade de acoplar um componente eletrônico à máquina está bastante relacionada à finalidade da ferramenta.

Neste sentido, agregar valor à produção nem sempre é introduzir inovações tecnológicas. Dependendo do nicho de mercado a que a empresa atende e da maturidade tecnológica do produto, diferenciar pode ser melhorar o atendimento ao consumidor, através de melhores canais de comercialização e serviços de pós-venda. Para produtos maduros, segundo Utterback (1996), “o preço, o desempenho, as características e a assistência técnica tenderão a se igualar em importância, a

longo prazo, com as pequenas mudanças (tecnológicas) servindo de estímulo para pegar uma parcela marginal de mercado dos concorrentes” (pp. 92-93).

Mesmo quando a tecnologia é um diferencial, o tipo de atividade tecnológica empreendida por uma empresa também varia conforme o grau de maturidade tecnológica do produto e a exigência da demanda:

*“Empresas que fabricam produtos para consumidores que demandam bens no ‘estado da arte’ necessitam de forte competência em engenharia de produto e fortes vínculos com o sistema científico e tecnológico e demandam dos seus fornecedores de insumos e componentes bens cuja margem de tolerância é muito estreita, o que induz investimentos em tecnologia também a montante da cadeia. Para estes produtos, conforme já foi mencionado, a competição se dá mais em termos de atributos técnicos e financiamento do que em termos de preços. Para os produtos maduros, mesmo se feitos por encomenda, a engenharia de produto, embora ainda fundamental, provavelmente estará menos vinculada ao sistema científico e tecnológico e utilizará mais intensamente a engenharia reversa e a reengenharia. Para produtos vendidos a consumidores menos exigentes tecnicamente, o preço é uma variável mais importante na competição e a empresa deverá contar com competências para adaptar o projeto visando reduzir custos e a capacidade para introduzir inovações de processo, identificar fornecedores que, observadas as margens mínimas de tolerância, cobrem menos pelo suprimento e estabelecer canais de comercialização e serviços de pós-venda mais baratos.” (Eber & Vermulm, 2002, p.7)*

A experiência internacional dos principais produtores de máquinas-ferramenta no mundo (Alemanha, Japão, Itália e Estados Unidos), especializados em atender nichos mais exigentes de mercado, aponta para uma nova configuração da indústria em que as parcerias com outros agentes e a busca por novas tecnologias têm sido primordiais. Conforme aponta Avellar (2008b):

*“ (...) a dinâmica tecnológica do setor de máquinas-ferramenta até meados dos anos 50 e 60 era caracterizada por um sistema nacional de inovação fechado, regional e nacional; baseado em mecânica e*

*incremental; produtores integrados aos clientes e conhecimento tácito. Todavia, a partir dos anos 80 e 90, a nova configuração tecnológica da indústria mundial de máquinas-ferramenta tende a ser mais aberta com o estabelecimento de parcerias regionais e internacionais, utilizando intensivamente novas tecnologias e informação e valendo-se da interação entre centros de pesquisa, produtores e clientes, além do conhecimento crescentemente codificado. Tais mudanças estão relacionadas à importância crescente das atividades de P&D e design, o que leva às firmas a estabelecerem parcerias para diminuir riscos e desenvolver capacidades; por fim, o crescimento da parcela de TI no valor adicionado da indústria mundial de máquinas-ferramenta muda o foco das empresas de hardware para software, resultando em um processo de inovação cada vez mais baseado em ciência.” (p. 73)*

A título de ilustração, vale destacar que, na Alemanha, os gastos em P&D têm sido estáveis, representando 6% do faturamento das empresas. Somando estes gastos aos esforços no desenvolvimento em *design*, o valor chega a 12% do faturamento (Avellar, 2008b).

Algumas das características apontadas por Erber & Vermulm (2002) e Avellar (2008b) são conseqüência de peculiaridades no processo de produção de máquinas-ferramenta que influenciam suas atividades inovativas. Uma delas, já apontada anteriormente, está relacionada ao fato da indústria ser primordialmente montadora, mesmo que também produza certos componentes. Outra é a importância da proximidade com o usuário.

Como destaca Avellar (2008b), as relações produtivas e tecnológicas da indústria de máquinas-ferramenta - dependentes da dinâmica de outros setores industriais - resultam na maior necessidade do aprendizado tecnológico no ato de fazer (*learning by doing*) e de pesquisas internas ou parcerias para desenvolver novos produtos e processos (*learning by searching*). Neste contexto, destaca-se a

engenharia reversa, processo de adaptação das máquinas e equipamentos à produção local, como uma das maiores fontes de aprendizado dessa indústria.

Erber & Verlmum (2002) destacam estas características evidenciando que, no setor de bens de capital, aplica-se ao desenvolvimento tecnológico uma *ótica de cadeia produtiva*. A interação entre fornecedores e compradores, além de gerar uma troca de conhecimento tácito, permite a troca de informações que facilitam a identificação de oportunidades de inovação.

Mais do que isso, esta ótica evidencia que a indústria de bens de capital exerce dois papéis: o de usuário de tecnologia, na relação com seus fornecedores, e o de ofertante de tecnologia, na sua relação com o cliente através da venda de inovações incorporadas a equipamentos. Vale analisar mais a fundo a importância destas interações no desenvolvimento de inovações na indústria de máquinas-ferramenta.

Von Hippel (1988) explora a relação entre os diferentes elos da cadeia produtiva, a partir de estudos de caso em diferentes setores industriais. Destaca a importância da relação entre o fabricante e o usuário, onde o usuário pode ser relevante fonte de inovação ao reconhecer necessidades de aperfeiçoamento ou novas aplicações para tecnologia. Como, muitas vezes, o usuário não tem incentivo para transferir conhecimento ao seu fornecedor, Von Hippel (1988) apontou três momentos em que os fabricantes conseguem identificar as novas necessidades dos usuários para efetivar inovações:

1. **Intercâmbio de informações:** o fornecedor tem acesso às necessidades do usuário a partir da interação com equipes das empresas consumidoras.

2. **Terceirização da produção:** a empresa consumidora apresenta novo projeto para o fornecedor para que novos modelos sejam produzidos sob encomenda.

3. **Usuário se torna concorrente:** o fornecedor tem conhecimento da tecnologia quando o consumidor passa a produzir e ofertar comercialmente para outros usuários.

É importante reiterar que, para o caso da indústria de máquinas-ferramenta, estes diferentes padrões de relacionamento devem ser avaliados considerando o papel dual das empresas desta indústria na medida em que são usuárias (portanto, fonte de informação) e fornecedoras de tecnologia (portanto, demandantes de informação).

Como usuárias de tecnologia, dois padrões são observados. No primeiro, as empresas produtoras de máquinas-ferramenta são compradoras passivas de tecnologia externa, desenvolvida exogenamente por seus fornecedores. Segundo Von Hippel (1988): *“é razoável considerar que fornecedores possam desenvolver inovações que eles não esperam utilizar se a inovação pode resultar em um grande aumento na demanda de algo que eles gostariam de vender.”* (p.36). Este é o caso da introdução de tecnologias previamente utilizadas em outros campos de atuação, como os componentes eletrônicos.

Em um segundo padrão possível, as empresas de máquinas-ferramenta adotariam uma postura mais ativa no desenvolvimento tecnológico. Isto é possível para o caso que Cornelius & Von Hippel (1992) chamam de *Lead-users* (ou usuário principal).

*Lead-user* de um produto, processo ou serviço é aquele que apresenta duas características: (i) identifica de forma pioneira as necessidades de mudanças ou adaptações que serão aplicáveis em todo o mercado; (ii) espera obter benefícios consideráveis quando na solução destas necessidades. Dadas suas características e importância, este tipo de usuário é capaz de influenciar a introdução de novos produtos por parte dos seus fornecedores. Um *lead-user*, quando identifica oportunidades de inovações, tem facilidade em se envolver no desenvolvimento destas oportunidades junto aos fornecedores. (Von Hippel, 1988)

Os mesmos padrões expostos podem ser observados quando o papel das produtoras de máquinas-ferramenta é o de fornecedoras de tecnologia. Dentre os consumidores desta indústria, são identificados usuários que apenas compram tecnologia exógena e outros com postura mais ativa, que demandam diretamente soluções de seus fornecedores.

Na verdade, estes padrões de relacionamento são diferentes conforme o perfil de atuação da empresa. O fato de produzir bens de capital seriados ou sob encomenda é um fator determinante na natureza da atividade de inovação e no tipo de relacionamento que a empresa tem com seu consumidor. Como já apontado, para a produção de bens de capital seriados, o fator de competitividade mais relevante é o menor custo. Para a produção sob encomenda é a capacitação tecnológica, especialmente aquela voltada para atender às necessidades do cliente (a proximidade com o cliente é fundamental, desde a elaboração do projeto até a oferta de serviços pós-venda). Para ambas, ter competências em engenharia de produto é importante, mesmo que este seja um atributo menos decisivo em certos segmentos de bens de capital seriados.

A produção de bens de capital seriados pode ser interpretada pelo conceito de *Projeto Dominante*, tal como definido por Utterback (1996). Um *Projeto Dominante* é fruto da síntese de várias inovações tecnológicas específicas lançadas de maneira independente. O novo produto incorpora as necessidades de diferentes usuários considerando as possibilidades tecnológicas da produção. Como afirma Utterback (1996), o *Projeto Dominante* não reflete, necessariamente, a última palavra de desempenho técnico. É o resultado da interseção entre a satisfação de diferentes usuários, as possibilidades técnicas e as opções de mercado. Dessa forma, não é um otimizador para uma minoria.

Um *Projeto Dominante* acaba por forçar ou incentivar a padronização da produção de forma que haja economias de escala na produção de massa. A concorrência passa a ocorrer com base no custo e na escala e as inovações são essencialmente de caráter incremental, aperfeiçoando as características do produto já existente<sup>9</sup>. Alguma diferenciação de produto pode ser obtida também na oferta de serviços pós-venda ao cliente, como assistência técnica. O que se observa é que, mesmo na produção seriada, a proximidade com o usuário é relevante para o posicionamento do produtor:

*“O cuidado de ficar próximo aos seus clientes possibilita que as empresas produtoras observem como seus produtos em evolução estão sendo efetivamente utilizados pelos clientes, como estão efetivamente conseguindo ou não satisfazer os requisitos e expectativas dos clientes, e como mudanças do projeto podem reduzir a distância entre as possibilidades do produto e os requisitos do cliente.”* (Utterback, 1996, p. 31)

---

<sup>9</sup> Para Utterback (1996), para um projeto dominante incorporar muitos dos requisitos necessários, requer um longo período de experiências, na produção e no uso do produto. Este projeto dominante agrega diferentes inovações lançadas, de maneira incremental, em produtos anteriores. Este diagnóstico de Utterback (1996) é análogo ao conceito de *competence-enhancing* e à ótica de inovação de Levinthal (1998).

A importância de acompanhar a satisfação e as necessidades dos clientes, da mesma maneira, aponta a importância da capacidade de projetar produtos para o posicionamento competitivo de uma empresa na indústria de bens de capital seriados, mesmo quando no predomínio de um *Projeto Dominante*. Ter competências em engenharia de produto é importante para responder às necessidades do mercado, introduzir inovações incrementais ou, até mesmo, lançar um novo *Projeto Dominante*. Para indústrias de montagem, de maior escala, tal como a de máquinas-ferramenta seriadas, a diferenciação está em produzir da forma mais eficiente e em ter domínio no projeto de produtos.

A proximidade com o consumidor e as capacitações em engenharia de produtos, porém, são fatores de maior diferenciação para a competitividade em bens de capital sob encomenda. Ainda dentro do conceito de *Projeto Dominante*, Utterback (1996) considera que o ambiente competitivo atinge um ponto de estabilidade em que junto aos produtores seriados permanecem certas empresas que atendem a segmentos especializados do mercado. Para a indústria de máquinas-ferramenta, estas são as empresas de bens de capital sob encomenda. Neste grupo de empresas, a capacitação tecnológica em projetos e a flexibilidade de adaptação da produção às necessidades de clientes específicos são fatores de competitividade. A produção por encomenda exige capacitações diferenciadas da produção em série. Como destacam Erber & Vermulm (2002):

*“(...) na produção de bens seriados, economias estáticas de escala são muito mais importantes do que na fabricação por encomenda, onde as economias dinâmicas, resultado da repetição de experiências de projetar e fabricar bens com características semelhantes, são cruciais. No primeiro caso, as empresas tendem a operar com maquinário especializado e processos relativamente*

*“rígidos, enquanto no segundo a flexibilidade dos equipamentos, da mão-de-obra e das rotinas produtivas é essencial.” (p.6)*

A melhor compreensão desta dinâmica é possível a partir da taxonomia de Pavitt (1984), adaptada em Bell & Pavitt (1993). Pavitt (1984) aborda os diferentes padrões setoriais de inovação e a importância das interações entre setores produtores e setores usuários. O autor explica as similaridades e diferenças entre setores a partir das fontes, natureza e impactos das inovações. Sua explanação se baseia em três eixos: setores produtores de inovação, setores em que a inovação é utilizada e o setor principal da atividade da firma.

Pavitt (1984) acaba por agrupar as empresas em três categorias principais: (i) setores dominados por fornecedores; (ii) setores intensivos em produção, subdivididos entre aqueles intensivos em escala e os fornecedores especializados; e (iii) setores baseados em ciência<sup>10</sup>.

A indústria de máquinas-ferramenta encontra-se no grupo de setores intensivos em produção, mais especificamente dentre os fornecedores especializados. Estas empresas ofertam produtos de maior intensidade tecnológica que se reverterão em inovações de processo em outras indústrias. Estão neste grupo, empresas produtoras de máquinas além de produtoras de componentes e instrumentos. Para estas empresas, a principal fonte de informação para inovação são os usuários, especialmente na identificação de possíveis melhorias no produto. Os esforços tecnológicos internos também são importantes para a inovação. Estas empresas têm como diferencial suas habilidades em inovar conforme as necessidades do usuário, o que aponta para um foco em inovação de produto em

---

<sup>10</sup>Bell & Pavitt (1993) agregam à classificação uma quarta categoria: os setores intensivos em informação. Como exemplo deste setor estão a indústria financeira, varejo, turismo e editoração.

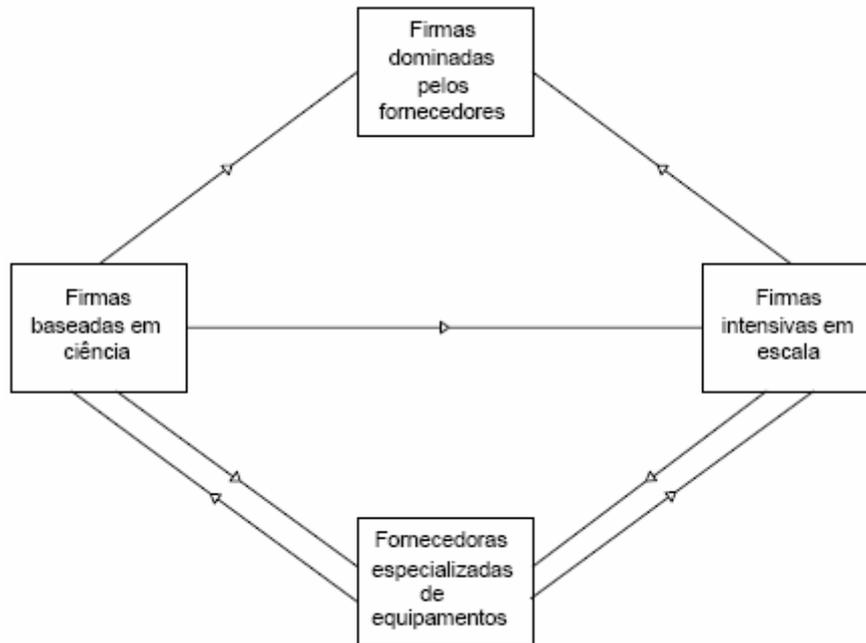
que o preço não é o maior diferencial competitivo. Neste sentido, as empresas tendem a ser de menor porte.

Uma importante contribuição de Pavitt (1984) diz respeito às interações entre os diferentes grupos de firma, que implica em fluxos variados de tecnologia:

*“As firmas dominadas por fornecedores obtêm a maior parte de suas tecnologias das firmas intensivas em produção e baseada em ciência (por exemplo, energia, ferramentas e equipamentos de transporte, das primeiras, eletrônica de consumo e plástico, das últimas). As firmas baseadas em ciência também transferem tecnologia para as intensivas em produção (por exemplo, o uso de plástico e eletrônica na indústria automobilística). E, como vimos, tanto as firmas baseadas em ciência quanto as intensivas em produção recebem e fornecem tecnologia para fornecedores especializados.” (Pavitt, 1984, p. 364)*

Estes fluxos podem ser melhor compreendidos através da Figura 1, que representa os principais encadeamentos tecnológicos entre as diferentes categorias. Vale destacar que os fluxos tecnológicos não ocorrem apenas pela compra ou venda de tecnologia incorporada a produtos, mas também pela troca de informações e habilidades, de natureza tácita.

**Figura 1 – A Taxonomia de Pavitt - Principais Encadeamentos Tecnológicos**



Fonte: Pavitt (1984), versão traduzida disponível em <http://geein.fclar.unesp.br/>

Ainda na Figura 1, pode ser visualizado o papel dual dos produtores de máquinas-ferramenta, como usuários e fornecedores de tecnologia. Este grupo de empresas fornece e recebe tecnologia das “Firmas Baseadas em Ciência” e das “Firmas Intensivas em Escala”. O fornecimento de tecnologia está especialmente relacionado à venda de progresso técnico incorporado a equipamentos. Esta atividade de venda implica também em um fluxo de conhecimento em direção à indústria de bens de capital na medida em que há transbordamento de informações dos usuários e, mais do que isso, encomenda de projetos específicos por parte do consumidor. Já o papel da indústria de máquinas-ferramenta como usuária de tecnologia está explicitado na compra, em outros setores, de componentes para acoplar a seus produtos (como os eletrônicos, no caso de MFCN) ou de novos equipamentos para seus processos.

Pavitt (1984), como já afirmado, inclui a produção de máquinas-ferramenta na categoria “fornecedores especializados”. As características desta categoria, porém, se aplicam mais precisamente aos produtores de máquinas-ferramenta sob encomenda. A produção seriada de máquinas-ferramenta tem características mais próximas às da categoria de firmas “intensivas em escala”, onde há certa padronização da produção e o custo é fator central de competitividade, sem que sejam desconsiderados aspectos relativos à engenharia de produto.

Observando a Figura 1, o fluxo de tecnologia incorporada advinda dos fornecedores é importante para este grupo de empresas, mas não há fluxo identificado a partir dos usuários. No caso das firmas “intensivas em escala”, as principais fontes de tecnologia são: engenharia de produto, aprendizado (“learning by doing”), fornecedores, compra de equipamentos, licenças de tecnologia e engenharia reversa (Bell & Pavitt, 1993).

## **II. OS CICLOS EVOLUTIVOS DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS-FERRAMENTA NO BRASIL: ANTES E DEPOIS DE 1990**

### **II.1 A trajetória tecnológica e de competitividade de 1930 ao fim da década de 1980**

A trajetória de desenvolvimento da indústria de máquinas-ferramenta no Brasil está intrinsecamente relacionada à evolução da industrialização no país. Respondendo aos ciclos de expansão da economia brasileira, desde a década de 1930, esta indústria apresentou substancial avanço tecnológico durante o século XX, reduzindo paulatinamente a distância entre os produtos domésticos e os disponíveis no plano internacional.

Nesta seção, será traçada a trajetória tecnológica das empresas de máquinas-ferramenta no Brasil, que se inicia pela cópia de máquinas importadas e caminha em direção a uma combinação entre desenvolvimento próprio de produto e licenciamento no exterior (Vermulm, 1994). Esta não é uma trajetória distinta dos demais setores industriais brasileiros, cuja expansão se deu, muitas vezes, pela substituição de importações.

Ainda que o setor de máquinas-ferramenta na taxonomia de Pavitt (1984) seja classificado como uma indústria de fornecedores especializados, intensiva em P&D, as políticas desenvolvimentistas de substituição de importações apostaram na sua viabilidade a partir da difusão de tecnologia dos países desenvolvidos.

Induzida por políticas de incentivo à indústria associadas ao crescimento do mercado interno e à diversificação da indústria nacional; a medidas de estímulo à importação de bens de capital mais sofisticados; e a maior exigência de padrões de

qualidade, a oferta de máquinas-ferramenta se diversificou e a indústria passou a oferecer modelos mais sofisticados.

Para a percepção da dinâmica da evolução da indústria de máquinas-ferramenta no Brasil é importante perceber, conforme destaca Magalhães (1976b), o processo de interdependência entre o grau de evolução da indústria, sua principal demandante, e a estrutura do setor:

*“À medida que o mercado de bens industriais finais exige maior quantidade e variedade daqueles bens, é lógico que por um processo de feedback a indústria de máquinas-ferramenta poderá produzir artefatos em maior quantidade e mais diversificados. O inverso também é verdade pois uma produção de máquinas-ferramenta tecnologicamente mais sofisticadas e em maior quantidade, resultante da criação e difusão de know-how mais avançado, permitirá a produção de bens finais mais aptos a satisfazer novas necessidades humanas reais ou criadas pelo mecanismo de propaganda” (p. 16)*

Seguindo esta lógica, Magalhães (1976b) ressalta que a indústria de máquinas-ferramenta até meados da década de 1950 havia desempenhado as funções que lhe eram exigidas dentro da indústria de transformação, produzindo basicamente máquinas para a manutenção do estoque de capital e oferecendo serviços de manutenção e reparo. As máquinas importadas serviam como modelo para futuras cópias ou eram utilizadas nas próprias atividades das empresas. O autor relata, porém, que há exemplos de iniciativas de construção de máquinas-ferramenta a partir da necessidade de concretizar certas tarefas ainda realizadas apenas manualmente.

Já na década de 1940, durante a Segunda Guerra, estas empresas começaram a diversificar sua produção em resposta às restrições à importação.

Segundo Cruz (1983), neste período, a evolução tecnológica do setor já estava condicionada pelo comportamento de uma firma de máquinas-ferramenta que entrara no mercado em 1943 e, em 1946, já produzia em grande escala máquinas mais sofisticadas para o padrão nacional (o autor a denomina “firma pioneira”).

Esta, porém, não representava a realidade de todo o setor, formado por firmas menores. O mercado não estava tão desenvolvido e a rede de fornecedores e componentes era de pouca confiabilidade<sup>11</sup>, com prazos variáveis e baixa qualidade. Como consequência, os modelos de produtos - mesmo da firma de maior escala - eram similares aos importados e de baixa complexidade.

À medida que o país crescia e o processo de substituição de importações se aprofundava, a necessidade de maior quantidade e variedade de máquinas-ferramenta era eminente. A partir de 1956, o Plano de Metas, a aceleração do crescimento e a consolidação de novos ramos industriais no país aumentaram a demanda interna e as exigências de qualidade para esta indústria. Os investimentos do período dinamizaram diversos setores industriais tais como metalurgia, mecânica, material elétrico e automobilística, importantes usuários de máquinas-ferramenta (Magalhães, 1976a).

Como afirma Viddosich (1974), os ramos industriais que foram implantados caracterizavam-se pelo emprego de tecnologia mais avançada (exigindo máquinas mais precisas e automatizadas). A oferta interna aumentou, mas não era plenamente capaz de atender às novas demandas, acentuando o hiato tecnológico entre a demanda e a oferta nacional de máquinas-ferramenta.

---

<sup>11</sup> Isto explica a alta integração vertical do setor, característica marcante da história desta indústria no Brasil.

Viddosich (1974) aponta que a indústria nacional, em sua maioria, ofertava máquinas de menor complexidade tecnológica. Os demandantes eram pequenas e médias indústrias mecânicas, basicamente de reparo e manutenção (instaladas em resposta ao crescimento e diversificação da indústria brasileira no período), pouco intensivas em capital cujas exigências quanto à qualidade e produtividade eram condizentes com a produção nacional de máquinas-ferramenta. A maioria das empresas voltou-se a nichos de mercado menos sofisticados. Todavia, outras empresas, especialmente as estrangeiras, se consolidaram e foram capazes de suprir setores mais dinâmicos da economia.

De fato, as competências tecnológicas mais avançadas estavam concentradas em poucas empresas que, com o crescimento do mercado, ganhavam escala e lançavam modelos mais avançados. Dentre estas, muitas eram estrangeiras, mas algumas eram nacionais. As de capital nacional contavam com assistência técnica estrangeira para acelerar sua trajetória tecnológica bem como com acordos de importação de tecnologia para modernizar a linha de produtos (Erber & Chudnovsky, 1999).

O diagnóstico geral desta indústria no período posterior ao Plano de Metas, apesar do avanço, apontava o excessivo número de tipos e modelos de máquinas por empresa, a baixa eficiência do processo produtivo, a inexistência de engenharia de produtos e limitações na engenharia de fabricação (CEPAL *apud* Cruz, 1983).

Todavia, como expõe Cruz (1983), a indústria caminhava para um período de amadurecimento tecnológico (a partir de 1963 ao fim dos anos 1970). Apesar do baixo crescimento dos primeiros anos da década de 60, o autor diagnostica que as principais firmas fizeram aperfeiçoamentos em seus modelos anteriores:

diversificaram a linha de produtos (através de inovações incrementais), licenciaram tecnologias do exterior e continuaram um processo de modernização. Magalhães (1976b) reitera esta evolução do período:

*“Além do know-how nacional desenvolvido a partir da cópia e adaptação de produtos importados na maioria das empresas, e a criação de novos modelos nas empresas mais adiantadas, observa-se um crescimento no processo de transferência de tecnologia do exterior baseado em contratos” (p.17)*

O início do período do Milagre (1968-1973) e o II Plano Nacional de Desenvolvimento – II PND (1974) - pressionaram, mais uma vez, a indústria de máquinas-ferramenta. Como afirma Vermulm (1994), os investimentos foram puxados pela indústria automobilística, de autopeças e construção civil. Neste contexto, houve aumento da entrada de empresas estrangeiras e o ritmo de inovações tecnológicas voltou a crescer. Cruz (1983) identificou um salto tecnológico no período que aproximou o setor dos padrões dos países mais avançados e foi viabilizado pelos recursos técnicos e humanos desenvolvidos anteriormente. A própria entrada de novas firmas multinacionais, produtoras de máquinas-ferramenta, garantiu que novos modelos, mais avançados, fossem produzidos no país.

Para Laplane (1990), o amadurecimento tecnológico do setor traduziu-se em um maior grau de sofisticação e qualidade da produção nacional, bem como em um maior esforço de desenvolvimento de tecnologia própria e de absorção de tecnologia gerada no exterior. Na década de 1970, foi realizado um esforço considerável de aproximação ao padrão tecnológico e competitivo internacional.

Ao fim da década de 1970, o Brasil já havia se consolidado dentre os maiores produtores de máquinas-ferramenta, ocupando a 11<sup>a</sup> posição no *ranking* mundial

(Laplane, 1990). Ainda neste período, a indústria nacional começou a produzir máquinas-ferramenta com eletrônica embarcada, operadas por controle numérico.

Vale destacar que, já no fim da década de 1960, podia ser identificada alguma demanda por este tipo de máquina. Esta demanda (especialmente das empresas estrangeiras) se intensificou a partir de 1972 e, ao fim deste período, em 1980, já havia cerca de 550 máquinas deste tipo instaladas no país (Tauile, 1985).

Deste estoque, 130 foram fabricadas por empresas nacionais. A primeira MFCN brasileira foi produzida, em 1972, pela empresa Romi<sup>12</sup>. O que se observa é que as capacitações acumuladas permitiram que certas empresas nacionais entrassem no ramo da fabricação de MFCN. Em 1980, estas máquinas eram produzidas por duas empresas nacionais e oito estrangeiras, sendo seis de origem alemã (Tauile, 1985).

Vale destacar que um gargalo era a necessidade de importação do componente eletrônico. Em 1977, subsidiárias de empresas alemães começaram a produzir estes componentes no Brasil.

No final da década de 1970, sobretudo em máquinas convencionais, o Brasil havia reduzido bastante o hiato tecnológico, mas não eliminado (Vermulm, 1994). Não pode ser desconsiderado o desnível tecnológico entre as máquinas produzidas no país e as necessidades dos setores que as utilizavam. Do universo de tipos e modelos que constituíam a oferta mundial, apenas uma parcela era requerida pela indústria metal-mecânica nacional. Nem mesmo essa parcela podia ser atendida inteiramente pela indústria brasileira (Viddosich, 1974).

---

<sup>12</sup> A Romi, possivelmente, é uma das firmas pioneiras apontadas no trabalho de Cruz (1983).

Da mesma forma, não pode ser desconsiderada a heterogeneidade já existente entre as empresas instaladas no Brasil e a complementaridade entre estas no atendimento de diferentes demandas e exigências tecnológicas. Pode-se considerar que o hiato evidenciado no plano mundial se repete no Brasil mas entre os diferentes grupos de firma, o que se caracteriza como um hiato relativo. Magalhães (1976b) faz um retrato da indústria no final dos anos 1970 e a separa em três faixas distintas de empresas:

*“(a) empresas nacionais pequenas e médias, cuja produção, por ser menos sofisticada, se destina aos utilizadores situados na periferia dos setores metal-mecânico e eletroeletrônico e utilizadores localizados nos setores menos dinâmicos da economia; (b) empresas nacionais grandes e médias que produzem máquinas sofisticadas e em grande variedade, que se destinam aos setores mais dinâmicos; e (c) empresas estrangeiras que, dadas as suas características e as suas vinculações, dirigem sua produção para os setores de ponta.” (p. 18)*

Após a euforia da década de 1970, a indústria teve que enfrentar a crise dos anos 1980. Nos primeiros anos, a queda dos investimentos no mercado doméstico e a impossibilidade de se voltar para mercados externos acirraram a concorrência entre os fabricantes. Neste contexto, a incorporação de inovações de produto ou processo foi estratégia de sobrevivência e manutenção dos investimentos para algumas empresas produtoras de máquinas-ferramenta. O resultado desta concorrência foi a ampliação da heterogeneidade interna em aspectos como qualidade dos produtos, competitividade, estrutura de custos e atividades tecnológicas (Vermulm, 1992).

O rápido crescimento da demanda por máquinas com comando numérico, apesar da crise, foi tomado como oportunidade de faturamento para algumas empresas. O foco na venda deste tipo de máquina, porém, foi uma alternativa para

poucos: somente as estrangeiras e as nacionais que haviam investido, no período anterior, na realização própria de atividades tecnológicas (Vermulm, 1994).

Associada à demanda por MFCN, a instauração de reserva de mercado para componentes eletrônicos, na década de 1980, permitiu o crescimento e a consolidação da produção bem como o desenvolvimento tecnológico próprio de máquinas com comando numérico:

*“(...) as primeiras máquinas a comando numérico produzidas no Brasil foram máquinas convencionais adaptadas a um comando eletrônico, mas o setor evoluiu, aprendeu e foi capaz de desenvolver máquinas tipicamente a comando eletrônico. (...) Das empresas produtoras de máquinas-ferramenta, uma delas passou a produzir o seu próprio gabinete de comando numérico.” (Vermulm, 1994, p.100)*

Entretanto, conforme aponta BNDES (1988), a tecnologia em comando numérico tinha forte dependência de fornecedores externos. Aponta como exemplo o caso da Romi, empresa nacional que produzia seu próprio componente eletrônico mas utilizava tecnologia de uma empresa norte-americana.

Todavia, as máquinas com comando numérico produzidas no país estavam longe da fronteira internacional. Os componentes eletrônicos produzidos no Brasil apresentavam maior custo da produção e defasem tecnológica (Vermulm, 1994). Para máquinas mais sofisticadas, a opção continuava sendo o licenciamento de tecnologia.

A restrição dos investimentos na década de 1980 foi especialmente prejudicial às empresas brasileiras que não conseguiram acompanhar este novo paradigma tecnológico. Estas empresas só se recuperaram na segunda metade da década, quando a crise foi atenuada. A recuperação do crescimento induziu a demanda por

máquinas convencionais, garantindo mercado para empresas menos avançadas tecnologicamente. Este comportamento evidencia, mais uma vez, a heterogeneidade da indústria de máquinas-ferramenta e a complementaridade entre as empresas no atendimento a diferentes demandas.

Durante os anos 1980, a heterogeneidade da indústria se acentuou. Todavia, as empresas de maior receita eram as nacionais que atingiram escalas de produção elevadas e as de capital estrangeiro, que atuavam em nichos de maior valor agregado (Cruz, 1993). Replicando o modelo da década de 1970, o nicho de produtos com maior conteúdo tecnológico era suprido por certas empresas. Algumas poucas empresas brasileiras haviam se capacitado no desenvolvimento tecnológico próprio (mesmo que lançando mão de licenciamento de tecnologia) e se modernizaram em termos de produtos e processos, como visto acima. De modo geral, as empresas estrangeiras se consolidaram como as responsáveis pelo maior número de inovações tecnológicas mesmo não tendo introduzido no país os produtos mais modernos de seus catálogos (BNDES, 1988).

Ao fim da década de 1980, além da baixa capacidade de inovação e da defasagem tecnológica, outros fatores foram determinantes para um quadro de baixa competitividade da indústria de máquinas-ferramenta. Quanto ao processo de produção, havia a necessidade de modernização: era identificada baixa utilização de MFCN, de centros de usinagem e Sistemas CAD, referentes à automação (BNDES, 1988).

Ademais, outros fatores estruturais reduzem esta competitividade como a diversificação de produtos<sup>13</sup>, a falta de escala de produção (agravada pelo fato da indústria ser essencialmente voltada para o mercado interno), a alta verticalização<sup>14</sup> e a ausência de um parque de fornecedores confiável e eficiente no que diz respeito a preço, prazos de entrega e qualidade (BNDES, 1988).

Neste contexto de restrição de competitividade, a indústria de máquinas-ferramenta enfrentou a abertura comercial na década de 1990. Conforme será exposto na seção que se segue, com o fim da substituição de importações e início da abertura comercial, observa-se uma reestruturação da indústria em resposta aos novos desafios impostos pelo novo ambiente competitivo.

## **II.2 A abertura comercial e os “novos” desafios da indústria de máquinas-ferramenta (1990-1999)**

### ***II.2.1 Contextualização: as reformas e o desempenho da indústria brasileira no período***

A década de 1990, no Brasil, foi marcada por um conjunto de reformas institucionais e econômicas que resultaram na criação de um novo ambiente competitivo. Como expõem Ferraz, Kupfer & Iooty (2004), dois choques competitivos ocorreram neste período: a liberalização econômica e a estabilização monetária. O período foi marcado pela mudança do modelo de substituição de importações com o início do processo de abertura econômica.

---

<sup>13</sup> BNDES (1988) ressalta que algumas empresas buscaram especializar-se em famílias de produtos como uma forma de alcançar maiores escalas e maior competitividade para seus produtos. Foi o caso das empresas Romi, Nardini e Traub, especializando-se em tornos.

<sup>14</sup> A alta verticalização dificulta o incremento de esforços da empresa em seu ramo de atuação principal dada a maior diversificação de projetos. Isto impede alguns ganhos relativos a economias de especialização. Como a produção de máquinas-ferramenta é uma atividade de montagem, é importante o desenvolvimento de competências em projeto de modo a definir especificação para o resto da cadeia. Para isto, é necessária uma rede de fornecedores de qualidade e confiável.

As reformas institucionais, iniciadas ainda em 1990, tiveram como objetivo a desregulamentação da economia: fim do controle de preços e eliminação de proteção a mercados; liberalização econômica; e privatização de indústrias de transformação e serviços públicos. Estas medidas associadas à reforma monetária, conduzida através do Plano Real (1994), tiveram forte impacto na indústria brasileira criando um ambiente de inflação controlada, câmbio sobrevalorizado<sup>15</sup>, facilidades para a entrada de produtos estrangeiros, baixas barreiras à entrada a empresas estrangeiras e taxas de juros elevadas.

Neste contexto, segundo Ferraz, Kupfer & Iooty (2004), houve um aumento das incertezas para investimentos (especialmente quanto à dificuldade de prever a entrada de novos competidores e bens importados).

As reformas e os instrumentos utilizados para estabilização econômica prejudicaram o desempenho da indústria. O crescimento médio do PIB no período 1990-1994 foi baixo (1,3% a.a.), especialmente se comparado com o período do Milagre (1968-1973), onde o crescimento médio havia sido de 11% a.a. (Hermann, 2005). Os primeiros anos foram os de pior desempenho, alcançando crescimento negativo em 1990 e 1992. Esta retração foi especialmente forte no setor de bens de capital que vinha sofrendo, desde 1989, com a baixa demanda industrial. Em 1993-1994, a economia apresentou crescimento: 4,9% em 1993 e 5,9% em 1994, neste ano já em resposta à estabilização da economia (Castro, 2005). Na segunda metade da década de 1990 (1995-1998), o desempenho do PIB foi melhor, mas continuou baixo (2,6% a.a.) apesar da euforia pós-Plano Real (Giambiagi, 2005a).

---

<sup>15</sup> O câmbio sobrevalorizado foi mantido até o fim de 1998. Em Janeiro de 1999, o câmbio que era mantido em R\$ 1,20 se tornou flutuante. Em pouco mais de um mês, o câmbio já estava em R\$ 2,00. (Giambiagi, 2005a)

Ainda sobre o desempenho da indústria no Brasil, destacam-se ganhos expressivos de produtividade no período 1990-1999 (Ferraz, Kupfer & Iooty, 2004). Parte significativa destes ganhos, porém, esteve relacionada estritamente a esforços de redução de custos baseados, segundo Kupfer (2004), em estratégias de enxugamento - evidenciado pela queda no nível de emprego, mesmo nos anos de aumento da produção industrial - e simplificação das operações industriais.

Iniciou-se um processo de reorganização da indústria (baseado em ajustes de processo e no aumento do conteúdo importado na produção local<sup>16</sup>) sem incorporação de progresso técnico nos processos produtivos ou melhorias na gestão da produção. A produção foi racionalizada sem desenvolvimento da capacidade inovativa local. Houve, no período, redução nos gastos em P&D das empresas instaladas no país, imobilismo nos gastos com importação explícita de tecnologia, bem como eliminação de postos de trabalho vinculados à área técnico-científica (Kupfer, 2004).

Ademais, como afirmam Kupfer & Rocha (2004), a melhoria da produtividade no período foi mais acentuada nas empresas brasileiras que já apresentavam anteriormente maior produtividade, em geral as de maior porte. Estas empresas demonstraram maior capacidade de realizar os ajustes necessários para melhoria de sua eficiência enquanto as menos produtivas, que precisavam de um esforço mais acentuado de reestruturação, estiveram à margem deste processo. As empresas menos produtivas continuaram no mercado, atendendo a nichos de mercado menos exigentes, e não melhoraram sua eficiência. Portanto, a modernização observada

---

<sup>16</sup> Como indicam Ferraz, Kupfer & Iooty (2004), esta reorganização foi calcada na adoção de novas técnicas de organização da produção, na incorporação de equipamentos e tecnologias de informação, na redução do escopo das linhas de produtos (com concentração nas competências centrais), na terceirização e na desverticalização da produção e aumento do conteúdo importado.

após o processo de liberalização caracterizou-se por um aumento da heterogeneidade da indústria.

### ***II.2.2 A resposta da indústria de Máquinas-ferramenta e seus desdobramentos***

O ambiente imposto pelas reformas do início dos anos 1990 associadas ao baixo dinamismo da economia no período trouxe conseqüências à indústria de máquinas-ferramenta no Brasil. Estas conseqüências, em sua maioria, estiveram relacionadas à baixa demanda por investimentos e a maior competitividade das importações frente à abertura comercial e à sobrevalorização do câmbio.

No contexto desta indústria, vale destacar as principais medidas liberalizantes que a afetaram diretamente. Em 1990, foi implementada nova política de importação. Foram eliminadas as principais barreiras não-tarifárias e alguns regimes especiais, à exceção do *drawback*, da Zona Franca de Manaus e de acordos internacionais (Piani & Miranda, 2006). Adicionalmente, foi estabelecido um cronograma de redução gradual das tarifas para o período 1991-1994<sup>17</sup>, incluindo tarifas especiais para bens de capital.

Segundo Erber & Chudnovsky (1999), em 1990, a tarifa de importação sobre máquinas-ferramenta convencionais era de 40% e sobre as de comando numérico de 65%. Em 1996, ambas as tarifas se reduziram para 17%. Há indicativos, porém, de que a tarifa efetiva era ainda mais baixa. Em complemento à análise, os autores mapeiam instrumentos que impuseram condições especiais adicionais para a importação de bens de capital:

---

<sup>17</sup> O cronograma foi revisto e a eliminação gradual foi antecipada no ano de 1993.

- **Ex-Tarifários:** lista de bens de capital isentos de tarifas de importação condicionada à não existência de similar nacional<sup>18</sup>. Este instrumento é utilizado em parte considerável das importações brasileiras de máquinas-ferramenta. No período 1991-1996 representou, pelo menos, 40% do total importado e nos anos 1993-1994, 60%.

- **Regimes de incentivos regionais e setoriais (redução de impostos de importação extensivos a impostos internos):** como exemplo pode-se apontar a Zona Franca de Manaus e o regime especial para o setor automotivo. No caso da Zona Franca, a redução do imposto para a maioria dos produtos chega a 88% da alíquota (Piani & Miranda, 2006).

- **Tarifas sobre componentes:** as tarifas de importação de alguns componentes para máquinas-ferramenta (como motores e CNC) eram iguais ou superiores às aplicadas ao produto final, reduzindo a proteção efetiva da produção.

- **Regime Automotivo (1995):** Permite que as importações de insumos (incluindo auto-peças) e bens de capital sejam realizadas a uma tarifa de 2%. A cadeia automobilística é um dos principais mercados para máquinas-ferramenta.

A maior abertura às importações afetou diretamente a produção nacional. Conforme relatam Erber & Chudnosky (1999), alguns produtores de máquinas-

---

<sup>18</sup> Esta condição especial foi extinta em 1997 e recriada no mesmo ano exigindo uma alíquota de 5% nas importações. Desde 2001, a lista de ex-tarifários condiciona a importação a uma tarifa de 4% (Piani & Miranda, 2006).

ferramenta apontavam que a carga fiscal incidente no produto nacional era superior à aplicada sobre produtos importados.

O que se observou durante o período foi a indústria brasileira como um todo respondendo a estes estímulos com maior demanda por máquinas importadas. Apesar das flutuações na demanda interna, as importações apresentaram tendência de crescimento. Em 1989, 28% do consumo aparente nacional era de máquinas-ferramenta importadas. Em 1997, esta participação passou para 52%. (Erber & Chudnovsky, 1999)

Contudo, a indústria não respondeu com aumento proporcional das exportações. O aumento foi pouco significativo e a indústria confirmou sua baixa vocação exportadora, com exceção das empresas líderes (que exportavam para Europa e Estados Unidos) e de outras que buscaram o mercado de máquinas convencionais na América Latina como alternativa. O resultado foi que o saldo comercial da produção de máquinas-ferramenta foi crescentemente negativo (Erber & Chudnovsky, 1999).

É importante analisar estas medidas liberalizantes e a conjuntura do período à luz da indústria de máquinas-ferramenta que havia se desenvolvido ao final da década de 1980. A baixa capacitação tecnológica e os problemas estruturais tais como a baixa qualidade da rede de fornecedores, a alta integração vertical e a diversificação de produtos apontaram para o estabelecimento de uma indústria pouco competitiva. Como afirma Verlmum (1992), a maior exposição do setor à concorrência externa, especialmente associada à retração da demanda, seria insuficiente para provocar efeitos modernizantes na indústria como um todo. Ademais, os problemas estruturais

e a grande defasagem tecnológica dos processos produtivos não permitiriam preços competitivos.

Durante a década de 1990, a produção de máquinas-ferramenta no país teve comportamento instável. Até 1992, o valor da produção foi declinante, seguindo tendência do fim da década anterior. A partir de 1993, voltou a crescer mas a média do valor produzido no período 1990-1997 representou apenas 2/3 da produção do triênio 1986-1988 (Erber & Chudnovsky, 1999).

Erber & Chudnovsky (1999) explicam parte deste resultado por uma redução dos preços de venda no mercado de máquinas-ferramenta. Este comportamento foi uma resposta ao baixo crescimento da demanda interna, da pressão das importações e os conseqüentes esforços de reorganização da produção.

Os autores observam também um aumento da produtividade na produção de máquinas-ferramenta. De fato, os mesmos identificam que as empresas desta indústria introduziram modificações de processo importantes:

*“(...) as empresas produtoras de máquinas-ferramenta introduziram modificações de processo destinadas a reduzir custos, como programas de qualidade e produtividade, racionalização da produção, melhores controles, e mudanças organizacionais como a redução dos níveis administrativos e a centralização de atividades de projetos. Algumas firmas estabeleceram processos just-in-time, e células de produção e aumentaram ligeiramente a compra de partes e componentes.” (Erber & Chudnovsky, 1999, p.599)*

Nesta estratégia de reorganização, um aspecto foi fundamental: a desverticalização da produção. Como observa Cruz (1993), a partir de 1990, o setor intensificou a importação de partes, peças e outros componentes. Se, por um lado, esta estratégia respondeu a um problema estrutural desta indústria (alta

verticalização), por outro, diminuiu o grau de nacionalização do produto final e a vulnerabilidade do setor. O desafio que se impôs aos produtores era objetivo: a indústria precisava aumentar sua competitividade mas a baixa eficiência e confiabilidade da rede de fornecedores nacional, especialmente de partes e peças mais complexas, impunha dificuldades para a desverticalização (Erber & Chudnovsky, 1999).

Além dos esforços voltados à redução de custos e aumento de produtividade, Erber & Chudnovsky (1999) destacam o aumento da complexidade da oferta nacional de máquinas-ferramenta na década de 1990<sup>19</sup>. Ressaltam, porém, que ambos os esforços foram concentrados nas firmas líderes do setor: subsidiárias de firmas estrangeiras e a “grande empresa nacional produtora de tornos e centros de usinagem” (p. 600).

Mais uma vez, é evidenciada a heterogeneidade desta indústria, já observada nos outros períodos. Acompanhando o comportamento da indústria brasileira (destacado na seção II.2.1), a resposta à abertura comercial foi um aprofundamento desta heterogeneidade. Erber & Chudnovsky (1999) distribuem as empresas produtoras de máquinas-ferramenta do período em três grupos:

**I. Firms Líderes, pioneiras na introdução do paradigma eletrônico na década de 80:** formado pelas subsidiárias das firmas estrangeiras e pela “grande empresa nacional produtora de tornos e centros de usinagem”, este grupo de empresas foi capaz de responder à concorrência dos produtos

---

<sup>19</sup> Apontam dados da ABIMAQ que indicam a participação crescente de máquinas a comando numérico no valor da produção do período 1991-1994.

importados com incremento de atividades tecnológicas, aumento de eficiência e melhoria de produtos.

**II. Firmas que entraram tardiamente no paradigma eletrônico:** enfrentaram grandes dificuldades<sup>20</sup> com a liberalização comercial. Muitas fecharam e outras passaram a funcionar como prestadoras de serviço a outras empresas. Apesar de terem introduzido inovações de processo e organizacionais, a redução de custos não foi suficiente para concorrer com o primeiro grupo e com as importações.

**III. Firmas pequenas e médias que fabricam equipamentos convencionais:** aparentemente menos afetadas pela abertura do que as firmas do segundo grupo. Seus produtos se dirigiam a nichos de mercado pouco exigentes onde a concorrência com as importações não foi tão acentuada. Algumas destas empresas encontraram mercado adicional em outros países da América Latina.

O comportamento da indústria de máquinas-ferramenta no período demonstra que parte significativa das empresas não estava preparada para uma brusca abertura comercial. Os problemas estruturais de competitividade, que já acompanhavam o setor no fim dos anos 1980, não foram solucionados e o resultado, conforme exposto durante esta seção, foi a desnacionalização da produção (redução do conteúdo nacional nas máquinas e reorganização da indústria a favor das estrangeiras), um agravamento da especialização em produtos de menor sofisticação tecnológica e o fechamento de empresas nacionais.

---

<sup>20</sup> Associadas à excessiva diversificação de produtos, baixa escala de produção e baixo aprendizado.

De fato, algumas firmas nacionais não foram capazes de se reestruturar para competir no nicho de mercado em que atuavam e quebraram. O que chama a atenção é que muitas empresas de baixíssima eficiência não foram eliminadas (muitas vezes de menor produtividade do que outras que fecharam). Estas firmas, fabricantes de equipamentos convencionais e menor produtividade, sobreviveram em certos nichos de mercado menos exigentes.

Já as firmas líderes, foram capazes de aumentar a produtividade e a sofisticação de seus produtos. Mesmo que não tenham atingido a fronteira tecnológica, sobreviveram e cresceram.

Neste sentido, a liberalização resultou em um aumento da desigualdade setorial: as líderes cresceram e se consolidaram, empresas foram eliminadas (incluindo algumas que anteriormente demonstravam alguma capacidade de competição nos nichos de mercado das firmas líderes) e muitas empresas de baixa eficiência sobreviveram.

### III. O COMPORTAMENTO DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS-FERRAMENTA NOS ANOS 2000, A ESTRUTURA ATUAL E SUA INSERÇÃO NO COMÉRCIO INTERNACIONAL

Após difícil esforço de reestruturação frente à abertura comercial e financeira, foi observada tendência à retomada do crescimento econômico nos primeiros meses do ano 2000. Todavia, o início da década foi marcado por forte crise na indústria brasileira. Em 2001, restrições na oferta de energia, a crise na Argentina e os efeitos do “atentado de 11 de setembro” nos Estados Unidos desencadearam um processo de aceleração da taxa de juros e afetaram negativamente as decisões de investir (Giambiagi, 2005b).

No fim de 2003, a economia mundial voltou a acelerar-se, comportamento que se manteve nos anos posteriores. A resposta da economia brasileira foi alguma recuperação da atividade econômica e considerável redução na fragilidade externa (Torres Filho & Puga, 2007). O crescimento da economia mundial associado à restrição do mercado interno e ao câmbio desvalorizado estimulou os setores exportadores e permitiu sucessivos superávits comerciais e de transações correntes.

Como afirma Puga (2006a), entre 2000 e 2005, as exportações brasileiras cresceram 16% a.a., estimuladas pelo crescimento do comércio mundial (com destaque para o setor de extração mineral). Como estímulo às exportações foi determinante também o aumento do preço das *commodities*, especialmente de *commodities* metálicas<sup>21</sup>, associado à forte demanda chinesa (Prates, 2007).

---

<sup>21</sup> Como o aço, cobre, alumínio, chumbo, zinco e níquel.

Como conseqüência, o ano de 2004 foi de recuperação do PIB que cresceu 5,7% e se manteve em expansão até o ano de 2007<sup>22</sup>. As taxas de crescimento estavam longe de se equipararem às atingidas nas primeiras décadas de expansão da indústria, mas apontavam para uma recuperação da demanda e da atividade econômica. O crescimento médio do período 2004-2007 foi de 3,8%.

Se por um lado o bom desempenho comercial estimulou o crescimento da economia brasileira, por outro, intensificou uma tendência à valorização cambial. Conforme demonstra Zborowski (2006), a partir de 2003, os superávits crescentes nas transações correntes tornaram o país menos dependente do capital financeiro internacional. Este superávit associado à entrada de fluxos cambiais e ao aumento de reservas garantiu a apreciação e a estabilidade do câmbio.

A apreciação cambial é especialmente danosa à indústria de transformação. Ao mesmo tempo em que piora a competitividade das exportações, reduz o custo das importações, afetando a competitividade relativa do produto nacional e as decisões de investimento.

Vale destacar que, apesar do custo cambial, as exportações brasileiras se mantiveram altas. O alto preço internacional das *commodities* e as especificidades de alguns setores (especialmente dos que importam muitos componentes) explicam a pouca sensibilidade das exportações em relação ao câmbio (Puga, 2006b). Todavia, a composição destas exportações parece ter se modificado relativamente. Nassif (2008), apesar de não apontar indicativos de desindustrialização para a indústria brasileira, indica tendência no período 1989-2005 de aumento da

---

<sup>22</sup> Conforme dados publicados no IPEADATA. Disponível em <http://www.ipeadata.gov.br>. Acesso em Junho de 2008.

participação, na pauta de exportações, de produtos primários e manufaturados intensivos em recursos naturais. Destaca que a este aumento somou-se uma queda na participação dos manufaturados intensivos em trabalho sem avanço proporcional de setores de maior intensidade tecnológica.

Se não implicou em redução global das exportações, o câmbio estimulou as importações. Houve, durante o período 2000-2005, um aumento da participação dos produtos importados na demanda brasileira (Puga, 2006c). Parte deste aumento pode ser associada à entrada de produtos chineses, especialmente de maior escala de produção. No ano de 2005, as importações advindas da China somaram US\$ 5,3 bilhões, crescimento de 44,27% em relação ao ano anterior (Marrone, 2006).

Neste cenário, em 2004, o investimento começou a se expandir mais rapidamente que o PIB e, a partir de 2006, apresentou clara tendência de aceleração<sup>23</sup> (Torres Filho *et al.*, 2007). A retomada dos investimentos esteve associada à melhora das condições macroeconômicas no país: a taxa de juros vinha em trajetória de queda desde 2005 e a demanda se recuperava.

Como conseqüência, Torres Filho *et al.* (2007) prevêm um novo ciclo de crescimento dos investimentos para o período 2008-2011, apontando crescimento da formação bruta de capital fixo superior a 10% a.a., inclusive em setores fortemente demandantes de máquinas-ferramenta<sup>24</sup>.

---

<sup>23</sup> Desde o fim da década de 1990, a relação entre investimento e PIB havia desacelerado atingindo 13,1%, em 2003 (Torres Filho & Puga, 2007).

<sup>24</sup> Dentre os setores em que Torres Filho *et al.* (2007) esperam fortes investimentos estão alguns que os autores consideram como induzidos pelo mercado externo (especialmente petróleo e gás, mineração e petroquímica) e outros considerados como induzidos pelo mercado interno (especialmente a construção civil, forte demandante de produtos metalúrgicos, e a produção de bens de consumo duráveis, como automobilística e eletrônica).

Após longo período de baixo investimento, a segunda metade da década de 2000 tem se configurado como um período de reversão deste quadro. O investimento vem aumentando e a expectativa é de manutenção desta tendência. Apesar do crescimento da demanda interna ser um bom incentivo aos investimentos, outros fatores de natureza sistêmica, como a apreciação cambial e os juros ainda altos, reduzem a competitividade da indústria brasileira.

Uma questão que se coloca é se outros setores da indústria, incluindo o de máquinas-ferramenta, vão ser capazes de responder positivamente a este novo ciclo de investimento, aprofundando seus efeitos multiplicadores. Outra opção é a baixa competitividade não estimular a indústria nacional e este novo ciclo ser acompanhado por aumento das importações e restrição externa. Nas próximas seções, será analisado o comportamento da indústria de máquinas-ferramenta na conjuntura econômica desenhada para a década de 2000.

### **III.1 O desempenho da indústria de Máquinas-ferramenta na década de 2000**

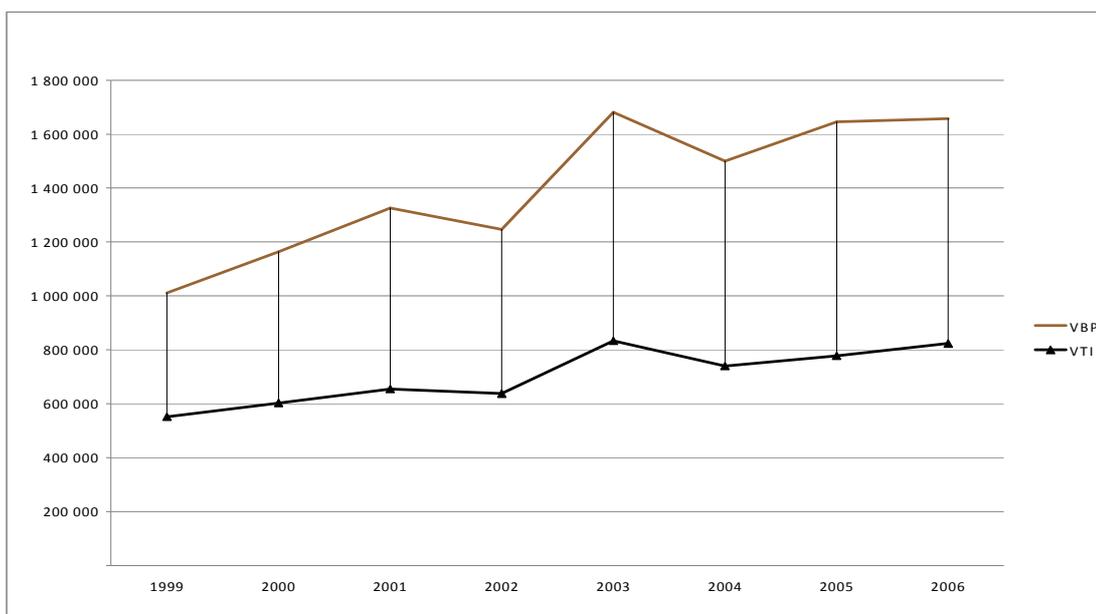
Como exposto anteriormente, os primeiros anos da década de 2000 foram de pouco crescimento e baixas taxas de investimento associadas a uma política macroeconômica de caráter restritivo. A partir do ano de 2003, a economia brasileira iniciou um período de recuperação puxada pela aceleração da demanda internacional e, já em 2007, se defronta com um novo ciclo de investimentos.

O objetivo desta seção é analisar o desempenho da indústria de máquinas-ferramenta frente a esta conjuntura. Nesta seção, os dados relativos à produção industrial foram elaborados a partir da Pesquisa Industrial Anual (PIA, IBGE) para a divisão CNAE 28.4 - Fabricação de Máquinas-ferramenta, descrita no Anexo 2 com base em IBGE (2007a), durante o período de 1999 a 2006. Os dados de comércio

exterior foram elaborados a partir de dados da SECEX/MDIC para os produtos com códigos da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) relacionados no Anexo 3. Vale destacar que todos os valores estão deflacionados a preços constantes de 2000. As séries das variáveis utilizadas nesta análise estão disponíveis no Anexo 4.

A análise destes dados aponta que, apesar dos juros altos (mesmo que em queda) e do câmbio valorizado, a indústria de máquinas-ferramenta parece acompanhar a recuperação da economia brasileira. No período 2000-2006, o valor bruto da produção (VBP) teve crescimento acumulado de 42%, com crescimento médio de 6% a.a., levemente inferior ao de toda a indústria de máquinas e equipamentos (que se expandiu a 7% a.a.). Como observado no Gráfico 1, ocorre um pico de produção em 2003 e a trajetória de recuperação reinicia a partir de 2005.

**Gráfico 1: Evolução do Valor Bruto da Produção Industrial e do Valor da Transformação Industrial para a Indústria de Máquinas-ferramenta no Brasil (1999-2006) – mil R\$ de 2000**



Nota: Valores deflacionados a preços constantes de 2000, a partir do IPA-OG (IPEADATA)  
Fonte: Elaboração própria, com dados da Pesquisa Industrial Anual, IBGE.

Quanto ao pessoal ocupado na produção de máquinas-ferramenta, no período 2000-2006, foi mantido crescimento iniciado no ano de 1999 (vide Tabela

4D, Anexo 4). Apesar da leve desaceleração no aumento do emprego (nos dois primeiros anos do período e no ano de 2004) a trajetória foi de crescimento. No ano de 2006, o número de empregados era 21,9% superior ao do ano de 2002.

Vale destacar, como demonstra o Gráfico 1, que esta trajetória de crescimento do setor em termos de VBP não foi acompanhada por um aumento proporcional do valor da transformação industrial (VTI). A razão entre o VTI e o VBP era de cerca de 55% em 1999 e chegou a 50% em 2006. Esta redução confirma aprofundamento da tendência de desverticalização iniciada na indústria de máquinas-ferramenta com a abertura comercial, como exposto no Capítulo 2. Em 1996, esta razão era de 58%<sup>25</sup>.

Esta tendência aponta para a reversão de um problema crônico da indústria de máquinas e equipamentos brasileira. Como destacado anteriormente, a alta verticalização sempre foi apontada como um entrave para a competitividade da produção nacional. Todavia, a principal causa deste entrave, a baixa qualidade e confiabilidade dos fornecedores nacionais, parece não ter sido revertida com a abertura comercial.

O que se observa é que esta desverticalização foi acompanhada da redução do conteúdo nacional da produção de máquinas-ferramenta, o que aumentou a vulnerabilidade da produção brasileira a variações cambiais. A análise da evolução das importações de partes, peças e outros componentes para máquinas-ferramenta no período 2001-2006, a partir da Tabela 1 (a seguir), aponta para alta correlação

---

<sup>25</sup> Esta tendência tem sido observada na indústria de máquinas e equipamentos como um todo. Destaca-se que a indústria de máquinas-ferramenta, mesmo que esteja em rápido processo de desverticalização, ainda é mais verticalizada que o resto da indústria de bens de capital. Para todo setor de máquinas e equipamentos, a razão VTI/VBP foi de 42% em 2006, conforme Tabela 4A, no Anexo 4.

negativa (no valor de  $-0,86$ ) entre a desverticalização (redução do VTI/VBP) e as taxas de crescimento de importação. Quer dizer, a redução do VTI/VBP foi acompanhada de aumento das importações de componentes.

**Tabela 1 – Evolução da Taxa de Crescimento das Importações Brasileiras de Partes, Peças, Acessórios e Outros Componentes para Máquinas-ferramenta e a Relação entre o VTI e o VBP para a indústria de Máquinas-ferramenta no Brasil (2000-2006)**

	Ano	Taxa Anual de Crescimento das Importações (%)	VTI/VBP (%)
Partes, peças, acessórios e outros componentes para máquinas-ferramenta	2000	-	51,81
	2001	0,76	49,4
	2002	-20,30	51,2
	2003	4,00	49,6
	2004	21,51	49,3
	2005	23,85	47,2
	2006	-3,08	49,7

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da SECEX/MDIC e da Pesquisa Industrial Anual/IBGE.

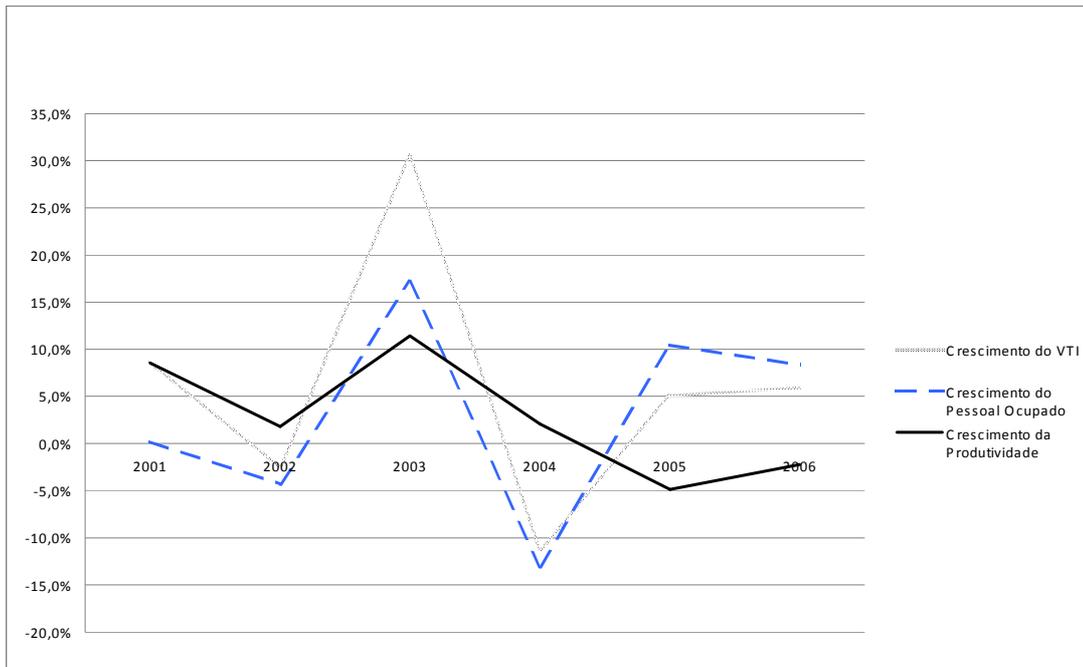
Vermulm (1992) já havia antecipado esta tendência:

*“É interessante notar que em nível do discurso dos empresários do setor, vários deles não se colocam contrários à abertura às importações. A maior parte dos empresários julga que tem condições de competir com as importações com alíquotas reduzidas desde que possam importar partes, peças e componentes de máquinas com alíquotas semelhantes ao de seus produtos. Levando esse argumento ao seu limite, poderíamos caminhar para uma situação de desverticalização das empresas e redução do conteúdo nacional” ( p. 9)*

Junto a esta reestruturação produtiva, houve crescimento da produtividade do trabalho, mesmo que esta tenha se mantido ainda baixa. O crescimento médio, durante os anos 2000-2006, foi de 3,5%, valor baixo porém maior do que de toda a indústria de máquinas e equipamentos, que teve crescimento negativo, de  $-0,5\%$ . O

Gráfico 2 mostra a evolução da taxa de crescimento da produtividade durante o período. Mostra também as taxas de crescimento do VTI e do pessoal ocupado.

**Gráfico 2 – Evolução das Taxas de Crescimento da Produtividade do Trabalho, do Valor de Transformação Industrial e do Pessoal Ocupado na Indústria de Máquinas-ferramenta no Brasil (2000-2006)**



Fonte: Elaboração própria, com dados da Pesquisa Industrial Anual, IBGE.

Além de ilustrar a queda nas taxas de crescimento de produtividade durante o período, o gráfico evidencia, a partir de 2005, um aumento do pessoal ocupado maior do que da geração de valor agregado. Portanto, o crescimento do setor nos últimos anos tem se refletido em maior contratação de pessoal e menor produtividade.

Dada a recuperação do mercado interno, a partir da segunda metade dos anos 2000, e o crescimento dos setores exportadores vale verificar também o comportamento da demanda para máquinas-ferramenta. O aumento do VBP, durante a década, foi acompanhado de um aumento das vendas. O faturamento das

empresas de máquinas-ferramenta teve um crescimento médio no período 2000-2006 de 8% a.a.<sup>26</sup>.

Quanto ao comportamento do faturamento, a demanda externa foi de suma importância até o ano de 2004. As exportações cresceram 21% a.a. enquanto as vendas internas se mantiveram praticamente estáveis. Na segunda metade da década, a maior recuperação do mercado interno se refletiu no consumo de máquinas-ferramenta. As vendas internas cresceram 20% enquanto as exportações se reduziram. O que se observa é que a participação do consumo interno no faturamento das empresas caiu durante a década, atingindo uma participação de 62% em 2004. A partir de 2005, a recuperação do mercado nacional modifica esta tendência e a participação atinge 78%<sup>27</sup>.

Vale destacar, como demonstrado no histórico, que o atendimento a mercados externos nunca foi uma vocação da indústria de máquinas-ferramenta brasileira, seja pela menor competitividade ou pelo fato desta ter sido constituída voltada para o atendimento do mercado nacional. Entende-se que o comportamento desta maior taxa de exportação, no período 2000-2006, é um indicativo de que a busca por novos mercados é, em geral, uma alternativa ao comportamento da demanda interna.

Ademais, as condições de competitividade interna do produto nacional são especialmente importantes visto que o aumento do consumo aparente nos anos 2000 foi acompanhado de um aumento das importações. As importações foram

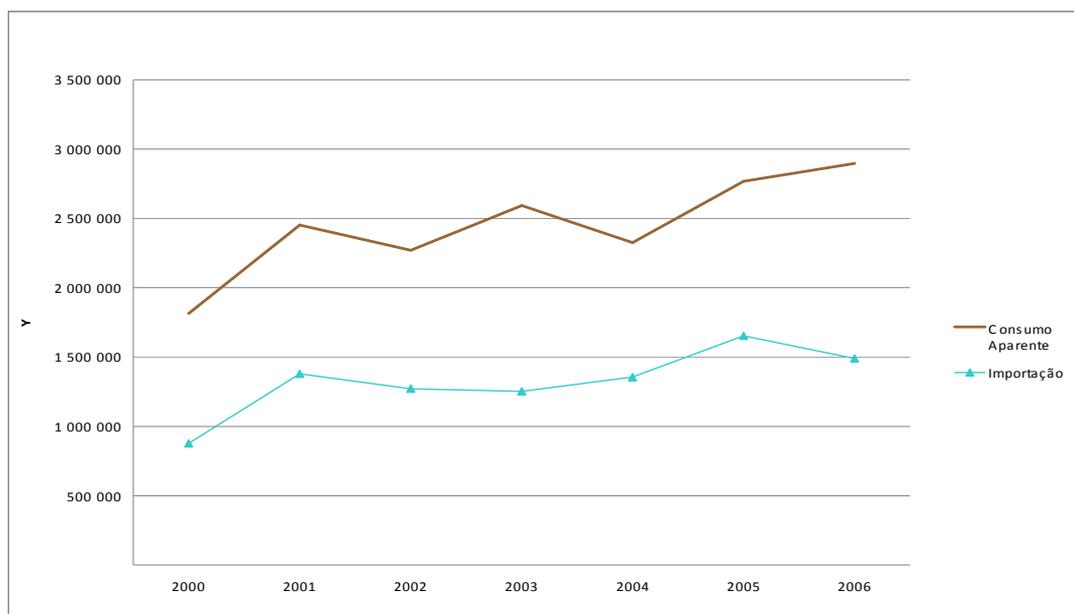
---

<sup>26</sup> Segundo o valor da Receita Líquida de Vendas calculada pela Pesquisa Industrial Anual, IBGE – Tabela 4E no Anexo 4.

<sup>27</sup> A indústria de bens de capital costuma responder com um certo atraso ao aumento do consumo interno. O aumento da demanda por bens de capital só ocorre quando este aumento do consumo se reflete em demanda por investimentos ou reposição de estoque de bens de capital.

responsáveis por 51% deste montante e cresceram, em média, 9% a.a. no período, taxa maior do que a do crescimento das vendas internas (7% a.a no período).

**Gráfico 3 – Evolução do Consumo Aparente e das Importações de Máquinas-ferramenta no Brasil (2000-2006) – mil R\$ de 2000**



Nota: Todos os valores estão deflacionados a preços constantes de 2000, a partir do IPA-OG (IPEADATA)

Fonte: Elaboração própria com dados da Pesquisa Industrial Anual (IBGE) e da SECEX (MDIC).

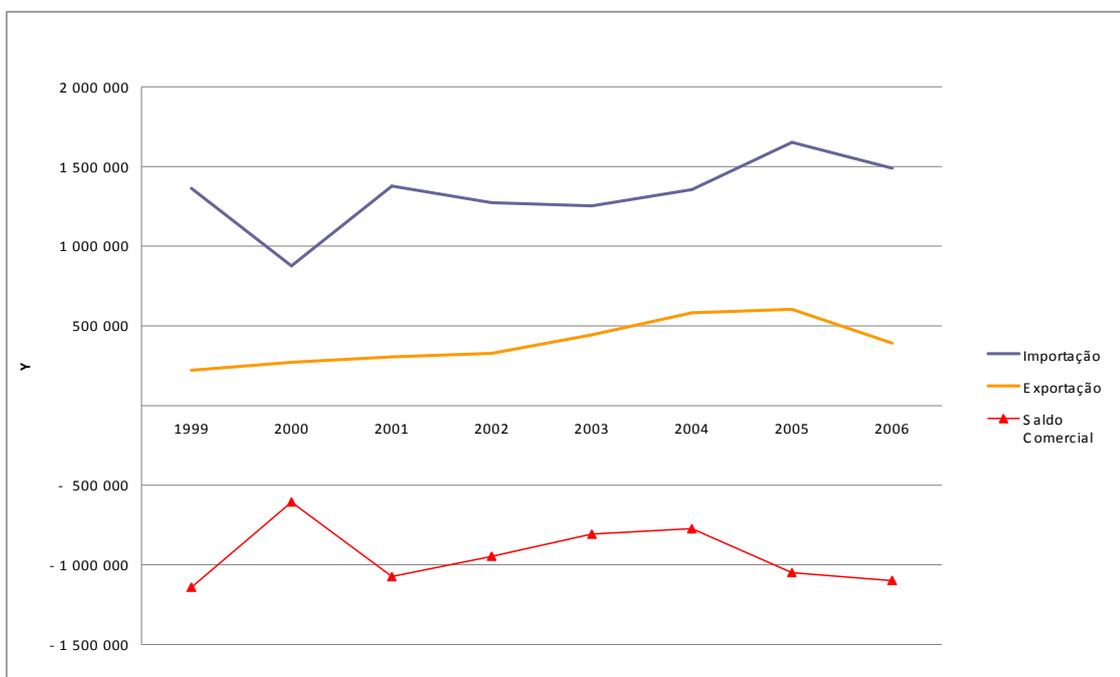
O Gráfico 3 evidencia, que apesar da pequena redução das importações em 2006, o aumento do consumo aparente tem sido acompanhado por um aumento mais do que proporcional das importações. Isto indica uma substituição de produtos nacionais. De fato, a participação das importações no consumo aparente cresceu durante a década de 2000. Esta participação passou de 48,3% em 2000 para uma taxa de 60% em 2005<sup>28</sup>. O aumento das importações, em detrimento da produção interna, associado à redução do índice de nacionalização das máquinas-ferramenta nacionais apontam para uma desnacionalização da indústria de bens de capital brasileira.

<sup>28</sup> No último ano da série, 2006, há uma reversão e esta participação fica em 51,5%, conforme Tabela 4E do Anexo 4.

Muitos atribuem a responsabilidade por este comportamento ao câmbio valorizado e à concorrência chinesa. Entre 2002 e 2005, as exportações chinesas de máquinas-ferramenta para o Brasil aumentaram consideravelmente. No período 2005-2004, cresceram 85,46% e, no período anterior de 2003-2004, cresceram 78,27% (Marrone, 2006).

De fato, a variação das importações nos anos 2000 foi significativa. Este quadro, somado à manutenção das exportações em níveis relativamente estáveis, contribuiu para a piora do déficit comercial, problema crônico na indústria de máquinas-ferramenta. O déficit se acentuou a partir do ano de 2004, como demonstrado no Gráfico 4, quando as maiores taxas de crescimento induziram ao maior crescimento das importações.

**Gráfico 4 – Evolução do Saldo Comercial, das Importações e das Exportações de Máquinas-ferramenta no Brasil (1999-2006) – mil R\$ 2000**



Fonte: SECEX/MDIC, dados convertidos para reais a partir da taxa média de câmbio comercial para venda de cada ano (IPEADATA).

Além do déficit crônico, alguns estudos também apontam para uma especialização da produção brasileira em máquinas de menor grau de sofisticação tecnológica. Cruz (1993) identificou um padrão de exportação de máquinas convencionais e importação de máquinas mais sofisticadas. No início dos anos 2000, Vermulm (2003) confirma esta tendência identificando o mesmo padrão de comércio internacional. Destaca, porém, que há algumas empresas que exportam produtos de alto valor agregado. O perfil da produção e importação de máquinas-ferramenta no Brasil para a década de 2000 será avaliado mais a fundo na seção III.4, a seguir.

Confirmada esta especialização, a emergência da China, como ofertante em grande escala de máquinas convencionais, torna-se uma ameaça para o padrão de comércio brasileiro. Para a indústria de máquinas-ferramenta, a maior competitividade chinesa também está em máquinas de menor nível tecnológico. Segundo Marrone (2006), os chineses vêem o mercado de tecnologia média e baixa como um mercado cativo ainda por vários anos. A proximidade dos padrões de produção entre China e Brasil parece ter contribuído para a substituição da produção nacional por importações na década de 2000.

Apesar da competição chinesa, a trajetória de aumento do consumo aparente e o início de um novo ciclo de investimento (incluindo setores altamente demandantes de máquinas-ferramenta) apontam para uma expectativa de aumento contínuo da demanda por máquinas nacionais. As empresas produtoras de máquinas-ferramenta parecem estar respondendo a esta expectativa. Tanto no ano

de 2006 quanto em 2005, aumentaram em 41%<sup>29</sup> suas compras de máquinas e equipamentos, boa *proxy* para indicar a retomada dos investimentos nesta indústria.

### **III.2 Estrutura atual da indústria de Máquinas-ferramenta**

A partir do ano de 2005, a tendência foi de crescimento das compras de máquinas-ferramenta, refletida no aumento do consumo aparente. A expectativa é de manutenção desta tendência. O aumento da participação das importações no consumo é um indicativo de que a indústria nacional de máquinas-ferramenta pode não estar preparada para atender a este novo ciclo de investimentos.

Apesar de verificar uma recuperação dos investimentos ao fim do período 2000-2007, a análise da seção anterior apontou para uma indústria de baixa produtividade e pouca competitividade, vulnerável a déficits comerciais e à competição de importados. A vulnerabilidade da indústria está relacionada a aspectos como a forte apreciação cambial no período analisado, a abertura às importações realizada na década de 1990 e a produção chinesa em larga escala.

Por outro lado, o setor vive um período de reestruturação com a redução da verticalização das empresas. A verticalização é apontada por muitos como uma ineficiência para o setor. Esta reestruturação, porém, foi acompanhada de um aumento das importações de partes, peças e componentes. O diagnóstico para a década de 2000 é de que houve uma intensificação da desnacionalização da indústria. Foi verificada substituição da produção interna por importados e redução do conteúdo nacional das máquinas brasileiras.

---

<sup>29</sup> Segundo dados da Pesquisa Industrial Anual do IBGE.

No ano de 2006, a produção de máquinas-ferramenta representava 4% do total produzido pela indústria de máquinas e equipamentos brasileira, equivalente a R\$ 2,6 bilhões<sup>30</sup>. Neste ano, 51,5% do consumo total de máquinas-ferramenta no Brasil foi atendido pela indústria nacional<sup>31</sup>. Esta indústria, segundo mapeamento da Associação Brasileira de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ)<sup>32</sup>, é composta por 277 firmas.

Os dados do IBGE<sup>33</sup> apontam para uma indústria formada por 568 empresas<sup>34</sup>. Destas empresas, 96% são de pequeno ou médio porte (até 500 empregados e com capital nacional), 1% são de grande porte (mais de 500 empregados e capital nacional) e 3% são de origem estrangeira (de portes variados).

Avellar (2008a) aponta também para esta estrutura de distribuição das empresas:

*“(...) a estrutura do setor de bens de capital mecânicos segue a tendência internacional apresentando uma grande heterogeneidade na composição das empresas atuantes, incluindo desde firmas familiares, de pequeno e médio porte, até divisões especializadas de grandes grupos empresariais. (...) o segmento de máquinas-ferramenta é dominado por empresas de menor porte.” (p.13).*

Esta heterogeneidade, já exposta no Capítulo 2, também foi identificada por Vermulm (2003). Para o autor, os equipamentos de tecnologia tradicional seriam produzidos por empresas nacionais de pequeno e médio porte, com estrutura

---

<sup>30</sup> Conforme dados da Pesquisa Industrial Anual (IBGE), disponível na Tabela 4A (Anexo 4).

<sup>31</sup> Conforme Tabela 4E (Anexo 4), a partir de dados da Pesquisa Industrial Anual (IBGE) e da SECEX.

<sup>32</sup> Informação do Portal Datamaq. Disponível em: <http://www.datamaq.org.br/>. Acesso em Julho/2008

<sup>33</sup> Conforme tabulações especiais solicitadas para a Pesquisa de Inovação Tecnológica do ano de 2005.

<sup>34</sup> Relacionadas na classificação CNAE 28.4 (fabricação de máquinas-ferramenta). Esta classificação engloba algumas categorias não consideradas pela ABIMAQ tais como produtoras de máquinas-ferramenta para trabalhar materiais não-metálicos, de ferramentas manuais elétricas e de peças e acessórios para máquinas-ferramenta (conforme exposto no Anexo 2).

familiar e graus diferenciados de atualização tecnológica. As máquinas automáticas (inclusive as que contam com comando numérico incorporado) por empresas nacionais e estrangeiras com maior capacitação tecnológica. Já o terceiro grupo de produtos (sistemas para produção, mais avançados tecnologicamente) por empresas estrangeiras, líderes do mercado mundial.

As empresas de grande porte, apesar de pouco numerosas, têm grande representatividade já que a escala de produção é um fator relevante de competitividade em alguns nichos de mercado, como exposto anteriormente. Dentre as empresas nacionais de maior porte se destaca a Romi. Atualmente, a Romi é a principal empresa nacional produtora de máquinas-ferramenta (detinha 41% do mercado em 2006). Além de grande relevância no mercado brasileiro, exporta para diferentes mercados, principalmente Estados Unidos (51% das exportações em 2006), Europa (29%) e América Latina (12%). (Romi, 2007)

Dentre as empresas estrangeiras, podem ser apontadas a Prensas Schüller, a B.Grob do Brasil e a Index Traub, ambas de origem alemã. A Prensas Schüller é uma das grandes exportadoras do país. De modo geral, parte significativa das exportações nacionais é realizada por empresas estrangeiras e tem, como destino, países como Estados Unidos e Alemanha. O comércio intrafirma é uma prática comum (Vermulm, 2003). Nos segmentos onde atuam empresas estrangeiras há, em geral, elevadas barreiras à entrada especialmente pelo custo, pela diferenciação de produto e pelo grau de desenvolvimento tecnológico (Avellar, 2008a).

Já o grupo de empresas nacionais de pequeno e médio porte é considerado pouco competitivo. Segundo Marrone (2001), os indicadores de competitividade internacional são desfavoráveis à indústria de máquinas-ferramenta nacional:

*“(...) a baixa produtividade possivelmente decorre do fato que, de acordo com os parâmetros norte-americanos as escalas mais eficientes de produção neste segmento são aquelas superiores a quinhentos (500) funcionários. A maior parte das empresas nacionais no segmento é de porte médio (...)” (p.131)*

Esta afirmação não pode ser generalizada para todo o grupo de empresas de menor porte. Dependendo da máquina produzida, a questão do porte é fator mais ou menos relevante para a concorrência, como já exposto no Capítulo 1. Em geral, as empresas de pequeno e médio porte produtoras de máquinas seriadas têm menor competitividade, dada a baixa escala de produção. Para as que produzem máquinas sob encomenda, o porte menor não é indicativo de baixa competitividade. Há, porém, um predomínio de empresas estrangeiras na produção de bens de capital sob encomenda.

Erber & Vermulm (2002) apontam algumas razões para a existência de uma indústria de bens de capital sob encomenda no Brasil: i) alguns desses produtos, mesmo que demandem componentes sofisticados, também são intensivos em aço e mão-de-obra; ii) para o caso das empresas estrangeiras, há vantagens de produção no Brasil para abastecimento da América do Sul (neste caso, os produtos brasileiros são os menos sofisticados da pauta de produção da empresa); iii) alto custo de transporte para certos tipos de bens de capital com mercado interno relevante; iv) necessidade de maior proximidade física com o consumidor em algumas cadeias, como a automobilística.

### III.3 Uma proposta de tipologia de produtos para o caso brasileiro

As máquinas-ferramenta, como exposto no Capítulo 1, são bastante diversificadas por seus usos e pela complexidade tecnológica. Apesar desta diversidade, é possível encontrar algumas similaridades entre os equipamentos que permitem a formação de uma tipologia. Considerou-se relevante construir uma tipologia por sua utilidade no presente trabalho para a melhor compreensão do padrão de especialização da indústria brasileira e sua inserção no comércio internacional de máquinas-ferramenta.

Neste sentido, é proposta uma tipologia de produtos para o caso brasileiro onde as máquinas-ferramenta foram agrupadas conforme o seu principal uso, sua complexidade tecnológica e relevância econômica para a indústria nacional. Por relevância econômica, entende-se maior participação na produção do país.

Os dados deste capítulo relativos à produção interna foram obtidos a partir da PIA Produto (IBGE), metodologia diferente da utilizada na seção III.1 onde os dados foram extraídos da PIA Empresa. Esta mudança de metodologia foi necessária para inferir o desempenho da indústria por tipo de produto, a partir da tipologia a seguir. As máquinas foram agrupadas em oito grupos (indicados no Quadro 1, abaixo) conforme as categorias disponíveis na Prodlist Indústria 2006<sup>35</sup> e na Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM)<sup>36</sup> de modo que a tipologia fosse útil na manipulação de dados de produção interna e comércio exterior.

---

<sup>35</sup> Classificação de produtos utilizada nas tabulações da Pesquisa Industrial Anual de Produtos – PIA Produto (IBGE), para dados de vendas e produção interna por produto. Disponível no Anexo 5.

<sup>36</sup> Disponível no Anexo 3.

## Quadro 1 – Tipologia de Produtos para análise da indústria brasileira de máquinas-ferramenta

GRUPOS DE PRODUTOS	DEFINIÇÃO
I. Centros de Usinagem e Máquinas de Estações Múltiplas	São máquinas para trabalhar metais que realizam operações múltiplas de usinagem. Podem ser produzidas sob encomenda ou em série. São máquinas com maior conteúdo tecnológico, operadas por CNC. O avanço destas máquinas em relação às tradicionais é a possibilidade de realizar mais de uma função com maior flexibilidade.
II. Tornos	Máquinas para usinagem de metais através de operações de torneamento, para confecção ou acabamento de peças. Existe uma grande diversidade de tornos, de diferentes tamanhos e complexidade tecnológica. Existe desde tornos convencionais de menor porte para pequenas oficinas até grandes tornos a comando numérico para utilização industrial. Esta categoria foi destacada pela relevância da sua produção na indústria nacional. Maior desagregação, com a identificação das máquinas CNC, não foi possível dada necessidade de compatibilizar a tipologia com a metodologia da Prodlist - Indústria 2006.
III. Outras Máquinas-ferramenta (MF) para usinagem (com eliminação de metal)	Assim como nas categorias I e II, este grupo inclui máquinas que realizam operações de usinagem. Estas máquinas, porém, além de realizarem operações diferentes do torneamento não realizam operações múltiplas, são específicas a certas operações. Estão neste grupo: fresadoras, furadeiras, serras, dentre outras. Há também grande diversidade tecnológica nesta categoria. Muitas destas máquinas podem operar com comando numérico e há também grande produção convencional. A maior desagregação, com a identificação das máquinas CNC, também não foi possível dada a metodologia proposta, de compatibilização com a Prodlist – Indústria 2006.
IV. Prensas	Prensas são máquinas-ferramenta para conformação de metais. A máquina produz deformação no metal, através de compressão, de modo a imprimir formas específicas. Difere-se das máquinas das categorias anteriores pelo processamento do metal, sem eliminação de material (produção de cavaco). São consideradas, nesta categoria, dois grandes grupos: as Prensas Hidráulicas e Prensas Mecânicas. As primeiras de maior conteúdo tecnológico. As prensas são tratadas, pela tipologia, de forma desagregada dada sua relevância na produção nacional.
V. Outras Máquinas-ferramenta (MF) para conformação (sem eliminação de metal)	Estas máquinas, assim como as Prensas, realizam operações de conformação de metais, sem eliminação de material, que resultem em mudanças nas suas dimensões. O tipo de esforço mecânico aplicado, porém, se difere da prensagem. Estão neste grupo, máquinas como laminadoras, trefiladoras, bancas para extrusão, dentre outras.
VI. Máquinas-ferramenta (MF) de Usinagem não-convencional (Alta Tecnologia, padrão OCDE):	Máquinas de usinagem não-convencional são aquelas que utilizam, para corte do metal, métodos diferentes da ferramentaria tradicional (como listada nos itens anteriores). Este grupo foi construído a partir da identificação das máquinas que fazem parte da lista de produtos de alta tecnologia publicada pela OCDE (Hatzichronoglou, 1997) e que também estão listadas na Prodlist - Indústria 2006. Compõem este grupo: as Máquinas-ferramenta a laser, as Máquinas-ferramenta a eletro-erosão, as Máquinas-ferramenta a ultra-som e as Máquinas-ferramenta que operam por processos eletroquímicos. Não estão presentes neste grupo outros processos de usinagem não-convencional, também de maior conteúdo tecnológico mas não listados na Prodlist – Indústria 2006 como jato d'água, plasma ou eletroquímico.
VII. Partes, Peças, Acessórios e outros componentes para Máquinas-ferramenta	Fazem parte deste grupo partes, peças e acessórios específicos para a operação de máquinas-ferramenta. Fazem parte também porta-ferramentas ou porta-piças bem como dispositivos divisores para máquinas-ferramenta. Vale destacar que, muitas vezes, o diferencial da máquina está em certos componentes específicos como, por exemplo, ferramentas diferenciadas ou componentes eletrônicos.

Nota: A lista de produtos de alta tecnologia publicada pela OCDE (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico) está disponível no Anexo 7.

Além dos grupos expostos no Quadro 1 foi identificado um último grupo de máquinas, não considerado posteriormente neste trabalho: “Máquinas-ferramenta

para materiais não-metálicos”. Estão neste grupo as máquinas-ferramenta que trabalham materiais não-metálicos como pedra, cerâmica, concreto e, especialmente, madeira. Esta indústria não é contemplada em estudos mais recentes da indústria de máquinas-ferramenta – ABIMAQ (2008), Erber & Chudnovsky (1999) e Naveiro (2005) – que se resumem a estudar as máquinas que trabalham metais. Conforme aponta Naveiro (2005), este segmento tem singularidades que o diferencia das outras categoriais e tem tratamento diferenciado nos estudos da ABIMAQ. Como a participação destas máquinas nas vendas do setor é menos relevante do que a daquelas que trabalham metais (participação de 12% no período 2001-2006), a análise desta seção se resumirá às máquinas-ferramenta que trabalham metais.

Além das máquinas do grupo VI e do grupo I, de maior conteúdo tecnológico, podem ser identificadas máquinas mais sofisticadas nos outros grupos. O caráter incremental das inovações (“valorizadoras de competências”), já discutido anteriormente, dificulta uma maior desagregação.

Uma desagregação mais simples seria entre as máquinas convencionais e as de comando numérico (MFCN). Conforme a lista da OCDE (Hatzichronoglou, 1997)<sup>37</sup>, algumas MFCN podem ser agrupadas como de “alta tecnologia”. A compatibilização com a metodologia da Prodlist Indústria 2006 não permitiu esta desagregação. É necessária uma análise complementar à utilização desta tipologia, diferenciando as máquinas convencionais das máquinas CNC para o comércio internacional.

---

<sup>37</sup> Disponível no Anexo 7

### **III.4 Consumo de Máquinas-ferramenta no Brasil e o comércio internacional: tipos de equipamentos e complexidade tecnológica<sup>38</sup>**

Estudados os tipos de máquinas-ferramenta produzidos, as principais tendências tecnológicas e algumas características do processo de inovação na indústria, é propósito deste trabalho analisar as principais máquinas consumidas no Brasil. Há evidências de que existe uma complementaridade entre a produção nacional e as importações no suprimento da demanda no país. Vermulm (2003) classifica a indústria de máquinas-ferramenta como um segmento estruturado (grande número de empresas, inclusive estrangeiras) em que ocorre complementação da pauta de produção com importações. A pauta de produção seria excessivamente concentrada em produtos maduros, de menor valor agregado.

Segundo Naveiro (2005), ainda em 1993, no “Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira” (Coutinho & Ferraz, 1993), resultados apontavam para uma indústria exportadora de máquinas convencionais e importadora de máquinas com comando numérico (apesar de algumas empresas já exportarem centros de usinagem e tornos a comando numérico). Isto posto, as exportações seriam compostas por produtos de baixa agregação de valor e as importações por produtos de maior agregação o que implicaria em déficits comerciais crescentes.

O objetivo desta seção é, a partir da tipologia proposta na seção anterior, mapear os principais equipamentos consumidos no Brasil no período 2001-2006 de modo a inferir o perfil da demanda brasileira por máquinas-ferramenta, o padrão de especialização da indústria nacional e seu grau de sofisticação tecnológica.

---

<sup>38</sup> As séries dos dados utilizados para construção desta seção, para o período 2001-2006, estão disponíveis no Anexo 8.

A Tabela 2 mostra a distribuição do faturamento das empresas nacionais nos anos de 2001 e 2006 e para todo o período de 2001 a 2006, por tipo de equipamento. Apesar de heterogênea, a produção nacional de máquinas está concentrada em ‘centros de usinagem e máquinas de estações múltiplas’, ‘tornos’ e ‘prensas’. ‘Outras MF de usinagem’ e ‘outras MF de conformação’ também são produzidas mas em menor escala. Vale destacar que a recuperação da demanda, no fim da década de 2000 acelerou a produção nacional da categoria ‘outras MF de usinagem’, aumentando sua relevância<sup>39</sup>. A produção de ‘partes, peças, acessórios e outros componentes para MF’ é, da mesma forma, substancial.

**Tabela 2 – Distribuição do Faturamento das Empresas de Máquinas-ferramenta no Brasil por Tipo de Equipamento – 2001 a 2006 (%)**

	2001	2006	Acumulado 2001 a 2006
<b>Centros de Usinagem e Máquinas de Estações Múltiplas</b>	26,5%	21,2%	25,4%
<b>Tornos</b>	19,5%	16,1%	19,1%
<b>Outras MF para usinagem</b>	10,6%	19,4%	9,9%
<b>Prensas</b>	26,0%	22,3%	25,0%
<b>Outras MF para conformação</b>	4,2%	5,9%	6,0%
<b>MF de Usinagem não-convencional</b>	0,0%	3,1%	1,0%
<b>Parte, Peças, Acessórios e outros componentes para MF</b>	13,1%	11,9%	12,4%
<b>Total</b>	100,0%	100,0%	100,0%

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da PIA Produto

A Tabela 2 indica também a baixa produção de ‘MF de usinagem não-convencional’, consideradas pela OCDE como de alta tecnologia. Esta constatação não é uma surpresa. Importa identificar se há baixa demanda no Brasil por este tipo

<sup>39</sup> Conforme Tabela 8A, do Anexo 8.

de equipamento ou se esta é suprida por importações. Por outro lado, a forte participação de 'centros de usinagem e máquinas de estações múltiplas' chama a atenção. Estas são máquinas que combinam diferentes operações e operam por comandos eletrônicos. São, geralmente, de maior valor agregado. Como a heterogeneidade tecnológica é uma característica desta e de outras categorias da tipologia utilizada, vale verificar a que mercados esta produção atende.

Como exposto no capítulo anterior, a indústria de máquinas-ferramenta brasileira é, tradicionalmente, voltada para o mercado interno. A esta característica pode-se atribuir a influência da baixa competitividade internacional ou da sua trajetória de crescimento, voltada a atender os ciclos internos de desenvolvimento econômico. A análise do faturamento das empresas desta indústria no período 2001-2006, a partir da Tabela 3, também corrobora para este diagnóstico: 74% do faturamento das empresas foi advindo do mercado interno.<sup>40</sup>

---

<sup>40</sup> Dadas as diferenças metodológicas apontadas no início desta seção, em relação aos dados da seção III.1, é possível que haja alguma diferença entre os resultados aqui expostos e os anteriores. As diferenças, porém, serão marginais. Segundo IBGE (2005), as duas pesquisas são comparáveis: "As vendas de mercadorias e serviços informados na PIA-Produto 2005 alcançaram R\$ 1 057 bilhões, o que representou 90% do total das vendas das empresas industriais com cinco ou mais pessoas ocupadas, no mesmo ano, de acordo com a PIA-Empresa" (p. 6).

**Tabela 3 – Participação das Vendas Internas no Faturamento das Empresas de Máquinas-ferramenta no Brasil por tipo de Equipamento –2001 a 2006<sup>41</sup> (%)**

	2001	2006	Acumulado 2001 a 2006
<b>Centros de Usinagem e Máquinas de Estações Múltiplas</b>	77,2%	80,0%	77,9%
<b>Tornos</b>	76,3%	84,4%	84,4%
<b>Outras MF para usinagem</b>	88,1%	94,2%	82,1%
<b>Prensas</b>	43,5%	47,8%	54,7%
<b>Outras MF para conformação</b>	69,9%	82,0%	83,1%
<b>MF de Usinagem não-convencional</b>	n.d.	97,1%	94,4%
<b>Partes, Peças, Acessórios e outros componentes para MF</b>	59,5%	71,4%	68,8%
<b>Total</b>	66,8%	75,9%	74,0%

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da PIA Produto e da SECEX.

Apesar da maior disposição da indústria de máquinas-ferramenta para atender o mercado interno, a Tabela 3 indica que, a depender da máquina produzida, a propensão para exportar é maior ou menor. Para máquinas de usinagem (incluindo os ‘tornos’ e ‘outras MF de usinagem’), chama a atenção o peso do mercado interno. No caso de máquinas de conformação, chama a atenção o viés exportador da produção de prensas. Estas diferentes disposições de atendimento ao mercado interno podem ser entendidas pela análise das empresas produtoras e seu perfil tecnológico bem como pelo perfil da demanda interna.

<sup>41</sup> Para a construção destas tabelas, os dados da SECEX foram utilizados em conjunto com os da PIA Produto. A comparação dos dados da PIA com os da SECEX é comum: IBGE (2004) faz longo exercício com as duas pesquisas.

Neste sentido, destaca-se certa correlação entre o mercado de destino e a sofisticação das máquinas produzidas. De modo geral, considera-se o mercado interno como menos exigente<sup>42</sup>:

*“(...) o ritmo das inovações das empresas brasileiras que visam exclusivamente atender ao mercado interno é baixo, refletindo as características das empresas compradoras desses bens, e a forma lenta com que as máquinas estão se tornando obsoletas. Este ritmo, por suas vez, se acelera em casos de importantes inovações de produtos em empresas estimuladas pela busca (e necessidade) de ampliação de mercado, via inserção no mercado internacional.”*  
(Avellar, 2008b, p.8)

Sobre o perfil da demanda interna de máquinas-ferramenta, Naveiro (2005) aponta para uma grande concentração em empresas de menor porte (menos que 100 empregados) e em empresas cuja principal atividade é prestar serviços de usinagem ou conformação para terceiros (usinagem para terceiros; ferramentarias, matizarias e modelação; e estamparia e calderaria).

O autor aponta que o perfil destas empresas demandantes indica uma tendência de aumento da base de pequenas empresas que fornecem peças ou serviços de usinagem ou conformação para grandes empresas, delineando um processo de terceirização destas atividades. No ano de 2003, as pequenas empresas que prestam serviços de usinagem para terceiros foram responsáveis por mais de 50% das compras de máquinas-ferramenta no país (Naveiro, 2005).

Isto posto, conhecer estas empresas é dado importante para entender o perfil da demanda brasileira. Para este fim, o “Estudo Setorial de Fundação 2004-2006”

---

<sup>42</sup> Vale ressaltar que também são exportadas máquinas para mercados menos exigentes como alguns na África e América Latina. E até mesmo máquinas de menor valor agregado para mercados como a Europa e Estados Unidos.

(Assunção & Santos, 2007) é de extrema relevância e aponta para uma indústria bastante heterogênea e composta por muitas firmas de pequeno porte.

Observa-se que a maior parte da produção destas empresas foi resultado de trabalhos em metais ferrosos (ferro fundido ou aço, em que o Brasil apresenta forte vantagem competitiva). Este fato aponta para uma maior demanda por serviços de usinagem o que explica a maior participação de máquinas-ferramenta de usinagem na produção nacional e o viés desta produção para o mercado interno. A compra de máquinas de conformação é menos comum: a produção nacional de 'prensas', apesar de alta, é bastante direcionada ao mercado externo (como aponta a Tabela 3) e a produção de 'outras MF para conformação' é baixa (Tabela 2).

O perfil da demanda por máquinas-ferramenta no setor de fundição é também influenciado pela diversidade tecnológica existente. Diferentes empresas atendem a setores diversos: automobilístico, máquinas e equipamentos, infra-estrutura, construção civil, mineração, dentre outros. Dependendo das exigências do nicho de mercado a que a empresa atende, seus investimentos serão voltados a máquinas-ferramenta de diferentes tipos e complexidade tecnológica.

Assunção & Santos (2007) levantam a hipótese de que as exigências do setor automotivo induzem a um melhor desempenho produtivo e melhores padrões de qualidade nos seus fornecedores. Os resultados do trabalho apontam também para um pior desempenho produtivo dentre os fornecedores da indústria de utensílios domésticos<sup>43</sup>. De fato, a análise do perfil tecnológico da indústria de fundição no

---

<sup>43</sup> Fornecedores de indústrias como agrícola, construção civil, tratores e máquinas rodoviárias aparecem com bom desempenho apenas em algumas variáveis de qualidade.

Brasil indica diferentes padrões tecnológicos dentre as empresas, o que resulta em demanda por máquinas de intensidade tecnológica variada.

No segmento de fundição - apesar de serem encontradas empresas com bom padrão de qualidade, de boa produtividade e que implantam técnicas de controle de qualidade e processo - algumas empresas, fornecedoras de indústrias de menor dinamismo, nem mesmo possuem certificações de qualidade<sup>44</sup> (Assunção & Santos, 2007). Para estas empresas, há baixa introdução de inovações em processo na etapa de usinagem ou conformação, o que se reflete em baixa demanda por máquinas-ferramenta diferenciadas e maior demanda por máquinas convencionais, especialmente para reposição de capital.

Este perfil da indústria confirma a hipótese de que a demanda por máquinas convencionais co-existe com a por máquinas mais sofisticadas. De fato, a produção nacional é heterogênea e atende a diferentes nichos de mercado. A Tabela 3 aponta para a existência de produção de máquinas de maior conteúdo tecnológico, como os ‘centros de usinagem e máquinas de estações múltiplas’, para o atendimento do mercado interno. Aponta também para uma demanda interna, mesmo que em menor escala, por ‘MF de usinagem não-convencional’<sup>45</sup>.

A produção de ‘tornos’, de ‘outras MF para usinagem’ e ‘outras MF para conformação’ também são, em sua maior parte, voltadas para o mercado interno. A sofisticação tecnológica destes segmentos, porém, não pode ser inferida a partir dos

---

<sup>44</sup> Em especial, ISO 9001, certificação relacionada a aspectos de qualidade de projetos, desenvolvimentos, produção, instalações e assistência técnica. Estabelece requisitos básico para a gestão da qualidade.

<sup>45</sup> Apesar da taxa alta, a análise deste dado é inconclusiva. É possível que este seja um indicativo de que a produção nacional existe mas não é competitiva (ou não tem escala suficiente) para atender a mercados externos e está voltada para máquinas de menor valor dentro deste grupo. A baixa e irregular produção e a incipiência desta indústria, porém, não permitem que seja inferida conclusão definitiva.

dados acumulados até aqui já que estes grupos são heterogêneos e o critério de agregação não permite analisar a complexidade tecnológica destas máquinas. Naveiro (2005) dá uma pista para esta questão: no ano de 2003, 67% das máquinas produzidas eram convencionais enquanto 33% tinham comando numérico.

Para inferir o grau de complexidade tecnológica destes produtos, vale analisar as exportações e importações de máquinas-ferramenta no Brasil. O saldo comercial, como apontado no Capítulo 2, é sabidamente deficitário mas varia conforme a categoria de produto (Tabela 4). O objetivo aqui é analisar o perfil das exportações e importações de modo a inferir conclusões sobre o dinamismo da produção nacional<sup>46</sup>. Considera-se que máquinas com maior inserção internacional, em mercados mais exigentes, e maior valor de exportação tendem a ser mais sofisticadas. Por outro lado, considera-se que a importação de máquinas de mercados mais maduros e de maior valor pode ser um indicativo de menor sofisticação tecnológica da produção nacional.

---

<sup>46</sup> A análise de dados foi complementada com conversas com técnicos do BNDES, ABIMAQ e da empresa ROMI bem como visita à Feira Mecânica 2008 (Anhembi, São Paulo).

**Tabela 4 – Saldo Comercial para a Indústria de Máquinas-ferramenta no Brasil por Tipo de Equipamento - 2001 a 2006 (US\$ mil)**

	2001	2006	Acumulado 2001 a 2006
<b>Centros de Usinagem e Máquinas de Estações Múltiplas</b>	-20.682	-46.389	-164.090
<b>Tornos</b>	-21.889	-45.493	-168.457
<b>Outras MF para usinagem</b>	-67.427	-117.439	-499.184
<b>Prensas</b>	30.316	41.165	106.944
<b>Outras MF para conformação</b>	-65.310	-86.176	-397.902
<b>MF de Usinagem não-convencional</b>	-41.398	-52.956	-195.628
<b>Partes, Peças, Acessórios e outros componentes para MF</b>	-70.139	-83.379	-419.497
<b>Total</b>	-256.530	-390.668	-1.737.816

Fonte: SECEX/MDIC

Na análise dos anos 2001 e 2006 e do acumulado do período 2001 a 2006, a Tabela 4 aponta déficits comerciais mais acentuados em produtos em que a produção nacional é menos representativa (pela Tabela 2, 'outras MF para usinagem' e 'outras MF para conformação'). Produtos como 'centros de usinagem e máquinas de estações múltiplas', 'tornos' e 'prensas' têm melhor desempenho comercial. Especialmente as prensas, com balança superavitária.

Destaca-se o alto déficit em 'partes, peças, acessórios e outros componentes para MF'. O déficit existe apesar da boa participação desta categoria na produção total de máquinas-ferramenta (12,5%). Destaca-se também déficit comercial para 'MF de Usinagem não-convencional'. O déficit não é o mais alto dentre as categorias, mas dada a pouca relevância da produção nacional, a importação deste tipo de equipamento chama a atenção para o fato de que existe demanda para estas máquinas mais sofisticadas (mesmo que em menor escala) e esta demanda é

suprida principalmente por importações. Quer dizer, a indústria nacional parece não possuir *expertise* ou escala suficiente para produção deste tipo de máquina de maior tecnologia.

De fato, o déficit comercial persistente em praticamente todas as categorias de produto indica que existe uma demanda para máquinas não produzidas no mercado nacional. No período 2001-2006, 54% do consumo nacional foi suprido por importações<sup>47</sup>. Frente a este diagnóstico, vale analisar mais a fundo as características das exportações e importações de máquinas-ferramenta no Brasil. A tabela 5 apresenta a participação dos diferentes produtos nas exportações e importações de máquinas-ferramenta nos anos 2001, 2006 e no período 2001-2006.

**Tabela 5 – Distribuição das Exportações e Importações da Indústria de Máquinas-ferramenta por Tipo de Produto – 2001 a 2006 (%)<sup>48</sup>**

	Exportações			Importações		
	2001	2006	Acumulado 2001 a 2006	2001	2006	Acumulado 2001 a 2006
Centros de Usinagem e Máquinas de Estações Múltiplas	18,1%	17,6%	20,0%	11,5%	14,0%	13,0%
Tornos	13,8%	10,4%	10,6%	10,4%	11,2%	10,0%
Outras MF para usinagem	3,8%	4,7%	7,2%	18,5%	20,8%	21,4%
Prensas	44,0%	48,2%	40,3%	7,4%	10,8%	9,6%
Outras MF para conformação	3,8%	4,4%	3,6%	18,0%	15,7%	16,4%
MF de Usinagem não-convencional	0,7%	0,4%	4,7%	10,8%	8,8%	9,0%
Partes, Peças, Acessórios e outros componentes para MF	15,8%	14,2%	13,7%	23,4%	18,7%	20,6%
<b>Total</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da SECEX/MDIC

<sup>47</sup> Conforme Tabela 8F, Anexo 8.

<sup>48</sup> Apesar de indicativos em IBGE (2004) de que os dados de SECEX e da PIA são comparáveis, houve incompatibilidade entre os dados das duas pesquisas na análise da categoria “MF para usinagem não-convencional”. Em conversas com técnicos do IBGE foi apontado como causa desta incompatibilidade a menor representatividade e a incipiência da produção deste grupo o que impacta em uma amostra reduzida, podendo acentuar certos erros estatísticos. De modo geral, os exercícios internos na instituição indicam que grande maioria das empresas exportadoras fazem parte da amostra da PIA.

No que diz respeito à análise das importações a partir da Tabela 4, chama a atenção a maior participação de certos grupos de máquinas de menor relevância na produção brasileira: as ‘outras MF para usinagem’ e as ‘outras MF para conformação’<sup>49</sup>. A oferta nacional, neste caso, é complementada por importações de modo a suprir toda a demanda. As importações suprem não só a demanda por máquinas mais sofisticadas como também por máquinas convencionais. O que se observa é que o valor das máquinas importadas<sup>50</sup> é maior do que as exportadas apenas para máquinas específicas, especialmente retificadoras e máquinas para fabricação de engrenagem.

Esta evidência se confirma quando verificados os fluxos comerciais de máquinas convencionais ou de comando numérico. Especificamente para as máquinas de usinagem, a importação é, em sua maior parte, de máquinas convencionais (85%)<sup>51</sup>.

Este valor reflete o perfil da demanda brasileira para este tipo de produto, concentrada em máquinas de menor valor. Neste sentido, a produção brasileira repete este padrão: 86% das exportações são de máquinas convencionais. De fato, como aponta a Tabela 3 e a Tabela 5, as empresas deste grupo têm baixa inserção internacional e são especialmente voltadas para o mercado interno. As empresas são, na sua maioria, nacionais de menor porte, fabricantes de equipamentos convencionais que, quando são exportados, atingem mercados menos exigentes como os da América Latina. Todavia, diferente do que o histórico apontou, podem

---

<sup>49</sup> Outro resultado é a maior participação de “outras MF para usinagem” nas importações (em relação às de conformação), consequência da maior demanda brasileira por processos de usinagem, já identificada anteriormente.

<sup>50</sup> Relação US\$/kg como calculado na Tabela 8G, Anexo 8

<sup>51</sup> Tabela 8F, Anexo 8

ser identificadas também algumas empresas estrangeiras voltadas a este mercado de menor intensidade tecnológica.

Dentre os grupos de máquinas-ferramenta com maior produção nacional – ‘centros de usinagem e máquinas de estações múltiplas’, ‘tornos’ e ‘prensas’ - são identificados padrões diferentes de inserção internacional. As duas primeiras categorias são voltadas, principalmente, ao mercado interno mas atendem mercados internacionais mais exigentes como a Europa e Estados Unidos. Já a produção de ‘prensas’, é bastante direcionada ao mercado externo.

Chama a atenção, na Tabela 5, a exportação de ‘centros de usinagem e máquinas de estações múltiplas’, produtos, em geral, de maior valor agregado. Dentre estes exportadores, observa-se o predomínio de empresas estrangeiras - em geral produtoras de bens de capital sob encomenda - com exportações para Europa e Estados Unidos (especialmente para seus países de origem). É reconhecida também a relevância, em menor grau, da empresa nacional Romi (produção seriada). Suas exportações deste produto atingem países da Europa mas são mais voltadas para países da América Latina e outros países em desenvolvimento, mercados menos exigentes.

Ainda que também atendam mercados menos exigentes, como América Latina e África, de modo geral as empresas exportadoras de ‘centros de usinagem e máquinas de estações múltiplas’ têm em sua pauta de produção máquinas de maior valor agregado. Todavia, a literatura aponta que, em mercados mais exigentes como os da Europa e Estados Unidos, as máquinas-ferramenta brasileiras são consideradas de menor sofisticação, de “segundo escalão”:

*“As empresas produtoras de máquinas-ferramenta que possuem estratégias de exportação, dado seu atraso tecnológico em comparação com os concorrentes internacionais, acabam, sobretudo, se especializando no fornecimento de máquinas eficientes, mas de menor grau tecnológico, denominadas máquinas de “segundo escalão”, em relação às daqueles competidores. Ainda assim, estas máquinas são destinadas a países desenvolvidos, pois, em muitos casos, pela sua maior simplicidade tecnológica e reduzidos níveis de valor agregado e de margens de lucro, deixaram de ser produzidas naqueles países. Também por isto, mesmo que de uma forma marginal, algumas empresas do setor – fundamentalmente, produtores de máquinas-ferramenta e de bens de capital seriado – vêm apostando no aprofundamento das relações comerciais com outros países.” (Avellar, 2008b, p.77)*

Da mesma forma, para o caso das empresas estrangeiras, há indicativos de que estas acabam por produzir no país os produtos de menor valor agregado de seu catálogo. Conforme apontam Erber & Chudnovsky (1999):

*“A estratégia mais comum é uma divisão de trabalho de acordo com linhas de produto, segundo o qual a firma com sede no Brasil fica encarregada de algumas linhas, normalmente as mais simples dentro da gama oferecida pelo grupo. Tal estratégia representa uma ‘extroversión’ da divisão do trabalho definida quando na implantação da empresa no Brasil mas indica um aprendizado realizado pela firma brasileira que se capacita para exportar a países industrializadas. Outro tipo de divisão de trabalho consiste na produção conjunta entre a filial brasileira e outra empresa do grupo. Neste caso, cada empresa produz parte da máquinas (...) a filial brasileira tende a fornecer as partes mais simples.” (p.602)*

Avellar (2008b) aponta como exceção à esta regra, empresas estrangeiras que possuem mandato para desenvolvimento de uma determinada tecnologia no grupo a que pertencem, seja pelo Brasil ser um dos maiores mercados consumidores destes produtos, seja pelo país possuir alguma vantagem competitiva. Como elemento comum a esses casos, a autora aponta o fato destas empresas estarem estabelecidas no país há algumas décadas, podendo ser consideradas empresas veteranas no mercado brasileiro.

Vale destacar que, para o caso dos 'centros de usinagem', a análise dos dados de comércio exterior não evidencia uma especialização brasileira em máquinas de menor valor agregado. Apesar dos déficits comerciais, o valor médio das importações (13,31 US\$/kg) é bem menor do que das exportações (21,7 US\$/kg). O mesmo parece não ocorrer para a produção de 'tornos'.

Para a produção de 'tornos', as exportações para Europa e Estados Unidos também são maioria. Estes mercados demandam, principalmente, tornos com comando numérico mesmo que haja também alguma demanda por tornos convencionais. A América Latina também é relevante como mercado para as exportações brasileiras. Para este mercado, mesmo que haja alguma demanda por tornos mais sofisticados, a importação é, em sua maioria, de tornos convencionais. Destaca-se que as empresas instaladas no Brasil são capazes de suprir ambas as demandas. De maneira geral, o valor das exportações de tornos do Brasil se concentra em tornos com comando numérico (82% das exportações no período 2001-2006<sup>52</sup>)

Neste segmento, as empresas estrangeiras são bastante representativas mas a empresa Romi se destaca novamente. A Romi é líder no mercado nacional, produz máquinas de comando numérico e ainda mantém sua linha de tornos convencionais. Quanto ao atendimento a mercados externos, as estrangeiras estão mais voltadas para a Europa e Estado Unidos. A Romi também atinge estes mercados, inclusive com tornos mais sofisticados, mas tem forte atuação na América Latina.

Na realidade, o que se observa nas Tabelas 3 e 5 é que a produção de 'tornos' é mais voltada para o mercado interno. A heterogeneidade deste mercado

---

<sup>52</sup> Conforme Tabela 8F, Anexo 8

fez com que a indústria brasileira de tornos fosse capaz de atender diferentes demandas em variadas faixas de complexidade tecnológica. Apesar desta diversidade, alguns nichos de maior sofisticação não são cobertos pela produção nacional. Cerca de 34% do consumo de tornos no Brasil foi resultado de importações. A importação de tornos no país, assim como a exportação, é concentrada em tornos com comando numérico (84% no período 2001-2006).

Apesar da inserção internacional de certas empresas e da aparente capacitação tecnológica para suprir o mercado brasileiro, o déficit comercial persiste. As importações de tornos têm como origem, principalmente, a Ásia. Dentre os países deste continente, as exportações japonesas para o Brasil são bastante significativas. Neste caso, há evidências de que os tornos importados do Japão são de valor agregado bem mais alto do que os produzidos no país (os tornos japoneses importados têm valor médio de 20,8 US\$/kg enquanto as exportações brasileiras, 12,8 US\$/kg). De fato, a produção das empresas instaladas no país não parece capaz de suprir certas demandas. Há complementaridade da produção nacional por máquinas importadas de maior complexidade tecnológica.

Um outro país que se destaca na Ásia é a China, com sua exportação de tornos para o mercado brasileiro. Neste caso, tornos de menor valor agregado. No período 2001-2006, a importação de tornos convencionais da China cresceu exponencialmente a partir de 2004 (crescimento médio de 279% a.a.). Esta tem sido uma ameaça às empresas brasileiras, especialmente as voltadas a nichos de menor valor agregado. Neste caso, pode-se incluir a Romi (que ainda mantém produção de

máquinas convencionais) e outras empresas nacionais produtoras de tornos convencionais<sup>53</sup>.

Um padrão diferente é encontrado na produção de ‘prensas’. Além da menor propensão a ofertar ao mercado interno e da alta participação destes produtos na exportação, as importações são pouco relevantes. A demanda brasileira é suprida basicamente pela indústria instalada no Brasil que também é altamente exportadora<sup>54</sup>. A produção brasileira de ‘prensas’ é sofisticada, incluindo prensas hidráulicas exportadas especialmente para Europa e Estados Unidos. Neste ramo de produção destaca-se a alemã Prensas Schüller.

*“A Prensas Schüller detém parcela importante das exportações brasileiras. Produzindo prensas de várias estações para a indústria automobilística, a empresa opera em cooperação com sua matriz na abertura de mercados externos. (...); como os produtos da Prensas Schüller são de muito alto valor, sua contribuição individual é expressiva na geração de divisas para o Brasil.”* (Vermulm, 2003, pp. 26-27)

Em menor representatividade, são identificados produtores de prensas menos sofisticadas (empresas nacionais de menor porte e algumas poucas estrangeiras). Dentre estas empresas, também há exportadoras mas, em geral, voltadas a produtos de menor valor agregado para certos mercados da América Latina.

A análise mais minuciosa dos dados de exportação e o exemplo da Prensas Schüller e da Romi indicam que a inserção internacional da indústria de máquinas-ferramenta, apesar de diferente para cada categoria de produto, depende mais da

---

<sup>53</sup> A Romi, porém, apresenta vantagens como serviços pós-venda reconhecidos pelo mercado, máquinas mais diversificadas e por ter capacidade para realizar esforços de diferenciação e redução de custos. Ademais, a quebra de outras empresas do segmento pode ser benéfica à empresa na medida em que consolida sua atuação no mercado brasileiro.

<sup>54</sup> Soma-se a isto, o fato de que a indústria nacional é menos demandante de máquinas de conformação já que é mais intensiva em metais ferrosos, trabalhados por máquinas de usinagem.

trajetória e competitividade de certas empresas do que de um diferencial competitivo sistêmico da indústria brasileira para a produção de certos tipos de máquinas. Claro que fatores de competitividade como a disponibilidade de aço e mão-de-obra são relevantes, mas saber aproveitar estas oportunidades depende da capacidade de cada empresa.

A heterogeneidade entre as empresas não permite afirmar que existe um padrão de especialização da produção nacional em máquinas de baixo conteúdo tecnológico. A capacidade da indústria nacional de atender a diferentes demandas aponta para uma indústria diversificada. Todavia, o déficit comercial e a análise das importações apontam para lacunas no fornecimento de algumas máquinas de maior conteúdo tecnológico pelas empresas instaladas no Brasil. Mesmo que muitas delas tenham capacitações para atender certos mercados de maior exigência, produtos mais sofisticados exigiriam uma escala de mercado que a região não dispõe, além de requererem maior capacitação tecnológica para o desenvolvimento e para a produção.

Um exemplo de nicho de maior tecnologia pouco atendido pela produção nacional é o grupo de 'MF de usinagem não-convencional'. Como já observado anteriormente, não há produção no Brasil em escala ou tecnologia suficiente para atender o mercado. Do consumo deste tipo de máquinas no período 2001-2006, 89% foi resultado de importações. O valor das importações para este grupo é equivalente ao de 'tornos' o que aponta que a demanda para estas máquinas não é marginal.

Um segmento cujos dados de importação e exportação apontam para um claro padrão de especialização em produtos de baixo conteúdo tecnológico é o de

‘partes, peças, acessórios e outros componentes para MF’. O segmento é deficitário comercialmente e o valor das importações é bem maior do que o da produção nacional (67% do consumo nacional é atendido por importações). O preço médio das importações foi de 26,7 US\$/kg enquanto o das exportações foi de 10,4 US\$/kg.

Nesta atividade, há o predomínio de empresas médias nacionais voltadas para atividades mecânicas bem tradicionais. Algumas destas empresas são também fornecedoras de máquinas convencionais apenas para o mercado brasileiro mas, por também oferecerem serviços de usinagem, conseguem inserção internacional pela exportação de metais usinados, especialmente para a América Latina<sup>55</sup>.

A indústria de máquinas-ferramenta é essencialmente montadora. Nesta atividade de montagem, alguns componentes de maior intensidade tecnológica, especialmente os eletrônicos, são fundamentais na produção de máquinas mais avançadas e na introdução de inovações. A menor sofisticação da produção nacional neste grupo de produtos aponta para uma dependência tecnológica de toda a indústria de máquinas-ferramenta. Este quadro se acentuou a partir da década de 1990, como explicitado no Capítulo 2, quando foi iniciado um processo de desverticalização da produção acompanhado de redução do conteúdo nacional das máquinas produzidas no país.

Da mesma forma, inovações de processo em empresas consumidoras de máquinas-ferramenta nem sempre estão relacionadas à compra de uma nova máquina. Muitas vezes, a inovação é realizada com a compra de uma nova ferramenta mais avançada ou outro componente importante para a ferramentaria.

---

<sup>55</sup> As empresas líderes dos outros segmentos, inclusive as estrangeiras, também exportam este tipo de produto. Algumas exportações chegam a mercados da Europa e Estados Unidos. Porém, a atuação destas empresas neste ramo de atividade é de menor representatividade.

Um exemplo é citado em Marin & Figueiredo (2005): a empresa estudada, do ramo de metalmecânica, foi capaz de introduzir inovações de processo de impacto relevante trocando o material e mudando a geometria de certas ferramentas. O exemplo demonstra a importância de novos componentes para a introdução de inovações em máquinas-ferramenta.

De maneira geral, a identificação de déficits comerciais para a indústria de máquinas-ferramenta aponta para a impossibilidade da indústria nacional de suprir certas demandas internas. Para alguns tipos de produto, fica claro um padrão de importação de produtos de maior tecnologia, onde não há capacitação ou escala para produção pela indústria brasileira. Em outros, este padrão não aparece. O caso das 'prensas' é uma exceção em que o setor é exportador líquido de produtos mais sofisticados. Para os 'centros de usinagem e máquinas de estações múltiplas' e 'tornos', apesar das evidências de que a indústria está capacitada para produzir máquinas mais sofisticadas, o comércio ainda é deficitário. Destaca-se para o caso dos tornos, a representativa importação de máquinas japonesas, mais sofisticadas do que as nacionais, o que mostra que, apesar da capacitação tecnológica, ainda há um descolamento da fronteira internacional.

O que se observa é que o caso das 'prensas', dos 'centros de Usinagem e máquinas de estações múltiplas' e dos 'tornos' (este último em menor grau) reflete uma realidade descolada de outros segmentos do setor. Enquanto nestas atividades destacam-se empresas - especialmente estrangeiras - que exportam para mercados como Europa e Estados Unidos, em outros segmentos a maior relevância é de empresas nacionais de menor porte com baixa capacitação e produtoras de máquinas mais convencionais. Apesar de voltadas para o mercado interno, algumas

destas empresas ainda conseguem exportar para mercados menos exigentes, especialmente na América Latina. Neste grupo, destacam-se produtores de 'outras MF para usinagem' e 'outras MF para conformação' e os produtores de 'partes, peças, acessórios e outros componentes'. Há também empresas neste padrão na produção de 'tornos'.

Vale destacar também que, diferente do que havia sido identificado anteriormente quando na revisão de literatura e histórico, a presente análise de comércio também identificou grupo representativo de empresas estrangeiras voltadas a nichos de mercado menos sofisticados.

## **IV. O PADRÃO DE INOVAÇÃO DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS-FERRAMENTA: UMA ANÁLISE DA PINTEC 2000 e 2005**

### **IV.1 Aspectos Metodológicos**

Mapeadas as principais máquinas-ferramenta produzidas no país e evidenciado o papel dos diferentes grupos de empresas nesta produção, são analisados, no presente capítulo, alguns aspectos referentes às atividades inovativas destas empresas. Com este fim, são utilizados dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica do IBGE (PINTEC) a partir de tabulações especiais solicitadas para os anos 2000 e 2005.

Objetivando verificar a existência de padrões de inovação na indústria de máquinas-ferramenta foi criada taxonomia específica para guiar a construção de tais tabulações. A taxonomia foi construída a partir de critérios como porte da empresa, origem de capital e intensidade de P&D.

No critério de porte foram considerados três balizadores: (i) empresas de pequeno porte são aquelas com até 100 pessoas ocupadas; (ii) empresas de médio porte são aquelas com 100 a 500 pessoas ocupadas; e (iii) empresas de grande porte são aquelas com mais de 500 pessoas ocupadas. Quanto à origem de capital, as empresas foram separadas entre nacionais e estrangeiras. A partir dos critérios anteriores foram constituídos quatro grupos diferentes de empresas: (i) empresas nacionais de pequeno porte; (ii) empresas nacionais de médio porte; (iii) empresas nacionais de grande porte; (iv) empresas estrangeiras.

A análise prévia do setor, exposta nos capítulos anteriores, indicou estas variáveis como relevantes na diferenciação das empresas do segmento. A análise posterior dos dados de comércio no Capítulo 3 (seção III.4) apontou para mais um

grupo de empresas: estrangeiras que produzem e exportam máquinas convencionais pouco sofisticadas.

A identificação deste grupo de empresas estrangeiras e a existência de maior heterogeneidade entre as empresas nacionais de porte médio implicou na definição de um terceiro critério para construção desta taxonomia: a intensidade de P&D. As empresas nacionais de médio porte e as estrangeiras foram classificadas em mais ou menos intensivas em P&D. Esta variável foi medida pela razão entre os gastos em P&D e a receita líquida de vendas (faturamento). As empresas mais intensivas foram aquelas cujo valor desta razão foi maior do que o valor médio do grupo de referência a qual ela pertence (no caso, grupo de nacionais de médio porte ou empresas estrangeiras).

Por fim, para a indústria de máquinas-ferramenta, as tabulações especiais do IBGE foram solicitadas para a seguinte desagregação de empresas:

- I. Empresas nacionais de pequeno porte
- II. Empresas nacionais de médio porte mais intensivas em P&D
- III. Empresas nacionais de médio porte menos intensivas em P&D
- IV. Empresas nacionais de grande porte
- V. Empresas estrangeiras mais intensivas em P&D
- VI. Empresas estrangeiras menos intensivas em P&D.

Para verificar a contribuição da indústria de máquinas-ferramenta para a inovação no setor de máquinas e equipamentos foram também solicitadas tabulações para todo o setor, CNAE a dois dígitos (CNAE 28).

As tabulações especiais construídas pelo IBGE agruparam dados dos anos de 2000, 2003 e 2005. No presente capítulo, serão analisadas apenas as tabulações referentes aos anos 2000 e 2005. A aplicação da taxonomia proposta para o ano de 2003 não foi satisfatória. O ano de 2003 foi pouco promissor para a economia brasileira. Conseqüentemente, as atividades inovativas se retraíram. Na metodologia da PINTEC, algumas variáveis relativas aos esforços inovativos das empresas são coletadas apenas para as empresas que se declararam inovadoras ou efetivaram certas atividades inovativas. Ainda que a amostra de empresas entrevistadas pelo IBGE não tenha sido menor neste ano, poucas foram as empresas que empreenderam esforços de gastos em inovação. Desta forma, o acesso a estes dados não foi possível para muitas variáveis, dada a política de sigilo do IBGE. Optou-se, então, por excluir este ano da análise.

Vale destacar que, mesmo para os anos de 2000 e 2005, a amostra do grupo de empresas nacionais de grande porte foi insuficiente para divulgação dos resultados pelo IBGE. Tal fato não foi prejudicial à análise já que foi possível estimar o valor das variáveis para este grupo através das informações do restante da amostra<sup>56</sup>. Portanto, para algumas variáveis, o valor apresentado neste trabalho foi obtido por estimativa e não reflete necessariamente os números oficiais do IBGE. Algumas informações pontuais não puderam ser acessadas nem por estimativa. Estas foram indicadas como não disponíveis (n.d.). Como foram poucas informações, também não foi prejudicial à análise.

---

<sup>56</sup> A estimativa foi realizada a partir da diferença entre o valor total da variável para a indústria de máquinas-ferramenta e a soma dos valores das outras empresas, que não as de grande porte.

## IV.2 Inovação na Indústria de Máquinas-ferramenta no Brasil (2000 e 2005)

### IV.2.1 Perfil das Empresas da Amostra

A partir do cadastro de empresas do IBGE, a Pesquisa de Inovação Tecnológica foi realizada para uma amostra de 305 empresas da indústria de máquinas-ferramenta no ano de 2000 e 568 empresas no ano de 2005. Considerando o universo de empresas do setor, esta amostra é bastante significativa. Conforme apontado no Capítulo 2, a amostra da ABIMAQ é composta por 277 firmas.

**Tabela 6 – Número de Empresas no Setor de Máquinas e Equipamentos e na Indústria de Máquinas-ferramenta no Brasil (2000 e 2005)**

	2000	2005
<b>Fabricação de máquinas e equipamentos</b>	3 924	5 799
<b>Fabricação de máquinas-ferramenta</b>	305	568
Nacionais de Pequeno Porte	249	524
Nacionais de Médio Porte	15	22
<i>Mais intensivas em P&amp;D</i>	4	6
<i>Menos intensivas em P&amp;D</i>	10	16
Nacionais de Grande Porte	1	3
Estrangeiras	41	19
<i>Mais intensivas em P&amp;D</i>	6	4
<i>Menos intensivas em P&amp;D</i>	35	15

Fonte: Elaboração própria a partir de tabulações especiais da Pesquisa de Inovação Tecnológica do IBGE

Na amostra da PINTEC, as empresas de máquinas-ferramenta representaram 7,8% das empresas do setor de máquinas e equipamentos no ano 2000 e 9,8% em 2005. Destaca-se um aumento da participação destas empresas na amostra entre as duas pesquisas. Este aumento de participação foi acompanhado de um crescimento de 85% no número de empresas da indústria de máquinas-ferramenta.

Este crescimento do número de empresas foi conseqüência especialmente do aumento do número de empresas de pequeno porte. Estas tiveram um crescimento

de 10%. Em 2000, representavam 81,4% da amostra e, em 2005, 92,3%<sup>57</sup>. O número de empresas estrangeiras da amostra se reduziu em 54%, especialmente dentre as menos intensivas em tecnologia. As estrangeiras que representavam 13,4% da amostra em 2000 (sendo as menos intensivas, 11,62%) passaram a representar apenas 3,29% em 2005.

O questionário da PINTEC é aplicado em sua totalidade apenas para as empresas que se declararam inovadoras. No setor de máquinas e equipamentos, 44% das empresas se declararam inovadoras no ano 2000 e 39% em 2005. Para a indústria de máquinas-ferramenta, 52% se declararam inovadoras em 2000 e 19% em 2005. A Tabela 7 detalha a distribuição dessas empresas inovadoras para cada item da taxonomia criada. Na próxima seção, serão analisados os tipos de inovação e sua distribuição entre os diferentes grupos desta taxonomia.

**Tabela 7 - Número de Empresas Inovadoras no Setor de Máquinas e Equipamentos e no Segmento de Máquinas-ferramenta no Brasil (2000 e 2005)**

	2000	2005
<b>Fabricação de máquinas e equipamentos</b>	1 744	2 282
<b>Fabricação de máquinas-ferramenta</b>	208	297
Nacionais de Pequeno Porte	108	227
Nacionais de Médio Porte	11	16
<i>Mais intensivas em P&amp;D</i>	4	6
<i>Menos intensivas em P&amp;D</i>	6	9
Nacionais de Grande Porte	1	3
Estrangeiras	39	18
<i>Mais intensivas em P&amp;D</i>	6	4
<i>Menos intensivas em P&amp;D</i>	33	14

Fonte: Elaboração própria a partir de tabulações especiais da Pesquisa de Inovação Tecnológica do IBGE

<sup>57</sup> Todavia, vale ressaltar que este aumento do número de empresas de menor porte não reflete uma mudança na estrutura da indústria de máquinas-ferramenta. É consequência de mudança da amostra do IBGE que incluiu mais empresas de menor porte.

### IV.2.2 Distribuição e tipificação das inovações

A Tabela 8 apresenta a taxa de inovação<sup>58</sup> para as empresas do setor de máquinas e equipamentos e para a indústria de máquinas-ferramenta. No cálculo desta taxa, empresas inovadoras são aquelas que declararam ter introduzido produtos e/ou processos novos ou significativamente aprimorados, pelo menos para a empresa, nos três anos anteriores da realização da pesquisa. A Tabela 8, a seguir, aponta a distribuição das firmas inovadoras e a natureza das inovações desenvolvidas.

**Tabela 8 – Taxa de Inovação para as Empresas do Setor de Máquinas e Equipamentos e da Indústria de Máquinas-ferramenta no Brasil nos anos 2000 e 2005 (%)**

	Taxa de Inovação					
	Total	Apenas em Produto	Apenas em Processo	Produto e Processo	Produto Novo para o mercado nacional	Processo Novo para o setor no Brasil
<b>2005</b>						
<b>Fabricação de máquinas e equipamentos</b>	<b>39,00</b>	<b>16,00</b>	<b>9,00</b>	<b>14,00</b>	<b>9,00</b>	<b>3,00</b>
<b>Fabricação de máquinas-ferramenta</b>	<b>19,17</b>	<b>5,08</b>	<b>5,34</b>	<b>8,75</b>	<b>3,75</b>	<b>1,43</b>
Nacionais de Pequeno Porte	14,28	3,92	3,95	6,41	1,68	0,40
Nacionais de Médio Porte	91,68	28,42	11,44	51,83	26,49	11,96
<i>Mais intensivas em P&amp;D</i>	100,00	18,58	-	81,42	58,94	41,06
<i>Menos intensivas em P&amp;D</i>	88,27	32,46	16,15	39,66	13,15	-
Nacionais de Grande Porte	66,67	33,33	-	33,33	66,67	-
Estrangeiras	62,85	5,35	37,89	19,62	24,97	18,20
<i>Mais intensivas em P&amp;D</i>	100,00	-	-	100,00	100,00	-
<i>Menos intensivas em P&amp;D</i>	53,79	6,65	47,14	-	6,65	22,65
<b>2000</b>						
<b>Fabricação de máquinas e equipamentos</b>	<b>44,00</b>	<b>16,00</b>	<b>11,00</b>	<b>17,00</b>	<b>15,00</b>	<b>4,00</b>
<b>Fabricação de máquinas-ferramenta</b>	<b>51,83</b>	<b>26,78</b>	<b>1,61</b>	<b>23,45</b>	<b>13,33</b>	<b>3,44</b>
Nacionais de Pequeno Porte	43,28	23,36	1,48	18,44	4,75	1,25
Nacionais de Médio Porte	71,90	17,68	8,32	45,89	17,68	6,82
<i>Mais intensivas em P&amp;D</i>	100,00	58,13	-	41,87	58,13	-
<i>Menos intensivas em P&amp;D</i>	59,61	-	11,96	47,65	-	9,80
Nacionais de Grande Porte	100,00	-	-	100,00	100,00	100,00
Estrangeiras	95,13	51,51	-	43,62	61,38	12,82
<i>Mais intensivas em P&amp;D</i>	100,00	76,60	-	23,40	100,00	-
<i>Menos intensivas em P&amp;D</i>	94,36	47,59	-	46,78	55,35	14,82

Fonte: Elaboração própria a partir de tabulações especiais da Pesquisa de Inovação Tecnológica do IBGE.

<sup>58</sup> Por taxa de inovação entende-se a razão entre o número de empresas que declararam ter introduzido produtos e/ou processos novos ou significativamente aprimoradas e o total de empresas da amostra. A taxa de inovação foi discriminada em taxa de inovação apenas em produto, apenas em processo, em produto e processo e quanto ao grau de ineditismo da inovação (produto novo para o mercado nacional ou processo novo para o setor no Brasil)

No ano de 2005, verifica-se que o desempenho das empresas da indústria de máquinas-ferramenta em termos de geração de inovações é pior do que o do setor de máquinas e equipamentos. Este pior desempenho é consequência do crescimento das empresas de pequeno porte, tradicionalmente menos inovadoras, na amostra do IBGE. De fato, apenas 14,28% destas empresas inovaram no período. Para a pesquisa do ano 2000, o desempenho das empresas de pequeno porte foi melhor, o que resultou em um bom resultado para toda a indústria de máquinas-ferramenta. Os outros grupos de empresa mantiveram desempenho superior à média do setor de máquinas e equipamentos durante os dois períodos.

Este resultado aponta para uma heterogeneidade no comportamento inovador para os diferentes grupos de empresas da indústria de máquinas-ferramenta, reforçando o diagnóstico indicado no histórico do Capítulo 2. A análise das taxas de inovação pode indicar evidências da existência de diferentes padrões de inovação dentre os diferentes grupos de empresas do setor. É importante observar, ao longo da análise que se segue, se estes padrões existem e se, de modo geral, se repetem em ambos os anos.

Apesar desta heterogeneidade, algumas similaridades dentre as diferentes empresas também são identificadas. A principal similaridade está na importância atribuída à inovação em produto. Em 2005, a maioria não inovou apenas em processo. Das empresas da amostra, 9% inovaram em produto e processo e 5% apenas em produto (introduzir produtos novos no mercado foi estratégia de 72% das empresas que inovaram). A maioria destas introduziu, junto aos novos produtos, processos novos. No ano de 2000, a predominância de inovações em produto é mais evidente: 50% das empresas da amostra inovaram em produto (ou 83% das

empresas que inovaram). Neste ano, a maioria das empresas inovou apenas em produto, não havendo um processo atrelado a esta inovação.

O foco da indústria em inovações em produto corrobora com as observações teóricas já discutidas no Capítulo 1. De fato, poucos processos novos para o setor no Brasil foram introduzidos. O ineditismo das inovações é maior, mesmo que não muito alto, para inovações em produto. Em 2005, 4% das empresas da amostra introduziram produtos novos para o mercado nacional, enquanto em 2000, 13% o fizeram (taxa que se mantém similar à média nacional – 3,2% em 2005 e 13% em 2000). Em ambos os anos, dentre as empresas que inovaram em produto, 27% introduziram produtos novos para o mercado nacional<sup>59</sup>. A maioria destas inovações, em 2005, foi de aprimoramento de produtos já existentes, refletindo o caráter incremental da inovação na indústria de máquinas-ferramenta.

A introdução de produtos novos para o mercado nacional, porém, é mais comum em certos grupos de empresas: nacionais de médio porte mais intensivas em P&D, nacionais de grande porte e entre as empresas de capital estrangeiro (especialmente as mais intensivas em P&D). Em outros grupos de empresas, principalmente as menos intensivas em P&D, o grau de ineditismo é menor e inovações apenas em processo aparecem com maior frequência. Há, de fato, diferentes padrões de inovação entre os diferentes grupos de empresas, indicando o já esperado domínio das empresas maiores e estrangeiras.

As pequenas empresas inovam menos que o resto da indústria tanto em produto quanto em processo. Em geral, o desempenho também é pior do que de

---

<sup>59</sup> Para o setor de máquinas e equipamentos, esta participação foi de 30% em 2005 e 43% em 2000. Para a indústria de transformação, esta participação foi de 17% em 2005 e 23% em 2000.

todo o setor de máquinas e equipamentos. Ademais, as inovações são, em sua maioria, de produtos novos apenas para a empresa. O grande número de empresas desta categoria é representativo e induz as taxas de inovação do setor para valores menores, como já evidenciado.

Comportamento similar ao das pequenas empresas pode ser observado dentre as empresas médias de menor intensidade em P&D. Apesar de serem mais inovadoras do que a média do setor, lançam poucos produtos novos para o mercado nacional (mesmo tendo tido desempenho também superior ao setor de máquinas e equipamentos no que diz respeito à taxa total de inovação, apresenta, nesta variável, desempenho muito inferior no ano 2000). Chama a atenção neste grupo de empresas o fato de haver uma taxa de inovação apenas em processo bem maior do que a média da indústria de máquinas-ferramenta em ambas as pesquisas. A indústria se mantém abaixo da taxa do setor de máquinas e equipamentos para inovações apenas em processo enquanto este grupo apresenta taxa similar ou superior.

Dentre as empresas médias de maior intensidade em P&D, a inovação é prática recorrente. Em 2000 e 2005, todas as empresas deste grupo se declararam inovadoras e todas introduziram inovações em produto. O grau de ineditismo destas inovações foi alto: cerca de 60% das empresas em ambas as pesquisas introduziram produtos novos para o mercado nacional.

Alta taxa de inovação, especialmente em produto, e alto grau de ineditismo também são características das empresas nacionais de grande porte e das estrangeiras de maior intensidade em P&D como pode ser observado na Tabela 8.

As estrangeiras de menor intensidade em P&D chamam a atenção pelo comportamento distinto entre as duas edições da pesquisa. Em 2005, apesar da taxa de inovação relativamente alta, a maioria das inovações introduzidas foi apenas em processo, onde obteve taxa muito superior a do setor de máquinas e equipamentos. A introdução de produtos novos foi baixa (cerca de 7% das empresas, apenas) mesmo que todos estes tenham sido novos para o mercado nacional. O grau de ineditismo das inovações deste grupo parece baixo, especialmente se comparada com as estrangeiras mais intensivas em P&D.

#### ***IV.2.3 Caracterização dos gastos em atividades inovativas***

Para a melhor caracterização das inovações introduzidas na indústria de máquinas-ferramenta no período destacado e dos diferentes padrões de inovação observados na indústria é fundamental identificar os principais gastos expendidos pelas empresas voltados à introdução de produtos ou processos novos. Estes gastos refletem o esforço da empresa em inovar e a natureza deste esforço.

Segundo o IBGE (2007b), as atividades que as empresas empreendem para inovar são de dois tipos principais: pesquisa e desenvolvimento - P&D (pesquisa básica, aplicada ou desenvolvimento experimental); e outras atividades não relacionadas com P&D, envolvendo a aquisição de bens, serviços e conhecimentos externos. Entender os gastos em inovação das empresas é indispensável para definir o tipo de inovação que está sendo realizado.

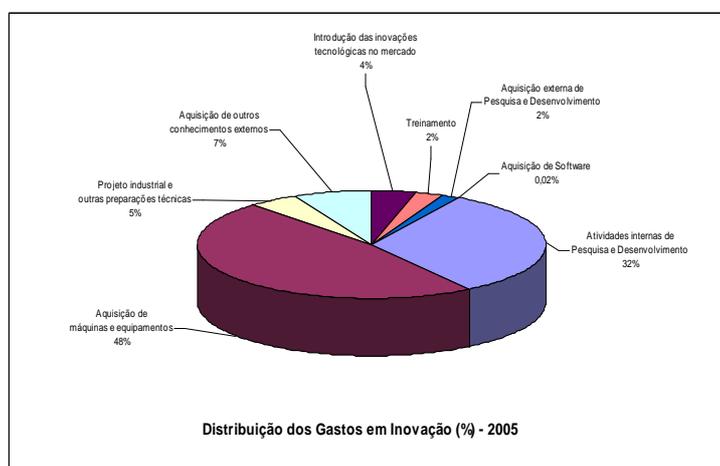
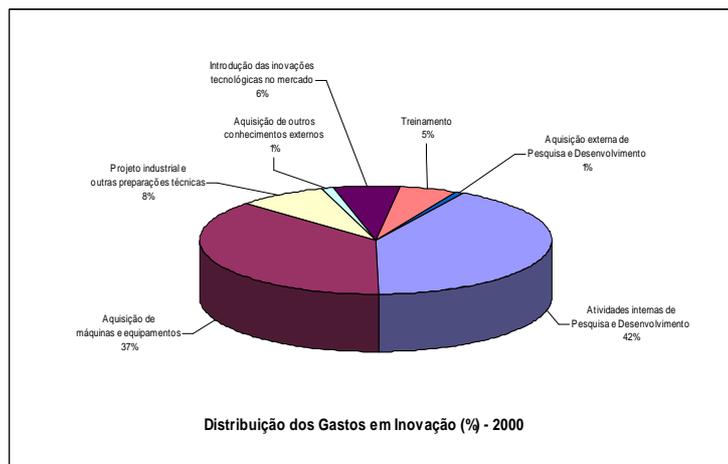
Das empresas inovadoras da indústria de máquinas-ferramenta, 32% declararam não ter tido gastos em atividades inovativas no ano de 2005 e 12% em 2000. Em 2005, quando esta taxa foi maior, o pior desempenho foi das empresas nacionais de pequeno porte e daquelas em grupos de menor intensidade em P&D.

Cerca de 40% das empresas inovadoras de pequeno porte não investiram em atividades inovativas. Nas nacionais de porte médio e menor intensidade em P&D, este número foi de 36% enquanto nas estrangeiras menos intensivas foi de 54%, bastante alto.

A existência de um grupo relevante de empresas, nestas categorias, que não investiram em atividades inovativas aponta para inovações de menor custo porém com baixo impacto de diferenciação em mercados mais exigentes. De fato, na seção anterior, foi diagnosticada uma menor introdução de produtos novos para o mercado nacional por estas empresas (é importante destacar, como visto que algumas destas empresas atendem a nichos de mercado que demanda menos diferenciações). Inovar não implica necessariamente na realização prévia de atividades inovativas mas é importante diferenciar o maior mérito das inovações associadas a esforços de geração e aquisição de conhecimentos diferenciados.

Neste sentido, vale também analisar os resultados da PINTEC para as empresas que realizaram atividades de inovação de modo a verificar em quais atividades maiores gastos foram realizados. O Gráfico 5 mostra a distribuição dos gastos em inovação da indústria de máquinas-ferramenta no Brasil em 2000 e 2005.

**Gráfico 5 – Distribuição dos Gastos em Inovação na Indústria de Máquinas-ferramenta por Atividade Inovativa – 2000 e 2005 (%)**



Fonte: Elaboração própria a partir de tabulações especiais da Pesquisa de Inovação Tecnológica do IBGE

A análise do Gráfico 5 aponta para uma maior concentração dos gastos na ‘aquisição de máquinas e equipamentos’ e em ‘atividades internas de P&D’. A alta participação da compra de bens de capital nos gastos em inovação das empresas de máquinas-ferramenta (48% em 2005 e 37% em 2000) repete o padrão nacional, de inovação incorporada a equipamentos (47% dos gastos totais das empresas industriais brasileiras em 2005 foi para este tipo de atividade). Já o valor dos ‘gastos em P&D’ são mais representativos do que a média nacional (32% dos gastos totais em 2005 e 42% em 2000). Para o agregado da indústria brasileira, estas atividades

representaram 20% dos gastos totais para inovação em 2005. Para o setor de máquinas e equipamentos, representaram 13%.

Além dos ‘gastos em P&D interno’ e na ‘aquisição de máquinas e equipamentos’, o Gráfico 5 aponta como representativos os gastos em ‘projetos Industriais e outras preparações técnicas’, ‘aquisição de outros conhecimentos externos’ e ‘introdução de inovações tecnológicas no mercado’. O padrão de gastos em atividades inovativas, porém, difere conforme o tipo de empresa. A Tabela 9 mostra o esforço inovador (gastos totais em inovação em relação ao faturamento) das empresas da indústria de máquinas-ferramenta conforme tipologia apresentada.

**Tabela 9 - Gastos Totais em Inovação sobre o Faturamento do Setor de Máquinas e equipamentos e da Indústria de máquinas-ferramenta - 2000 e 2005**

Gasto Total (%RLV)		
	2000	2005
<b>Fabricação de máquinas e equipamentos</b>	<b>4,13%</b>	<b>4,15%</b>
<b>Fabricação de máquinas-ferramenta</b>	<b>4,40%</b>	<b>3,28%</b>
Nacionais de Pequeno Porte	7,61%	3,70%
Nacionais de Médio Porte	6,33%	2,81%
<i>Mais intensivas em P&amp;D</i>	11,42%	6,99%
<i>Menos intensivas em P&amp;D</i>	4,45%	1,02%
Nacionais de Grande Porte	4,25%	4,62%
Estrangeiras	2,91%	2,66%
<i>Mais intensivas em P&amp;D</i>	14,56%	3,71%
<i>Menos intensivas em P&amp;D</i>	1,42%	1,92%

Nota: Para as nacionais de grande porte, valores estimados pelo autor.

Fonte: Elaboração própria a partir de tabulações especiais da Pesquisa de Inovação Tecnológica do IBGE.

A Tabela 9 evidencia que o esforço de gastos em inovação na indústria de máquinas-ferramenta não difere muito do resto do setor de máquinas e equipamentos com exceção de certos grupos de empresas com esforço muito inferior ou superior.

Dentre as empresas de pior desempenho (esforço inferior à média), destacam-se as empresas menos intensivas em P&D, tanto as nacionais de porte médio quanto as estrangeiras. Dentre as de melhor desempenho (esforço superior à média), estão as nacionais de grande porte e de médio porte mais intensivas em P&D. As estrangeiras mais intensivas também têm esforço maior do que a média da indústria de máquinas-ferramenta mas, no ano de 2005, não se destacam dentro do setor de máquinas e equipamentos.

Todavia, é importante entender a composição destes gastos, exposta na Tabela 9. No ano 2000, as empresas nacionais de pequeno porte tiveram esforço inovador de 7,61% da receita. Apesar deste alto esforço, a análise anterior da taxa de inovação apontou para um grupo de empresas com baixa introdução de produtos novos no mercado. Vale, portanto, verificar a natureza da atividade inovativa dos diferentes grupos de empresa dentro da indústria de máquinas-ferramenta. A distribuição do esforço em inovação dentre as diferentes atividades inovativas (gasto em determinada atividade em relação à receita líquida de vendas) é apresentada na Tabela 10.

**Tabela 10 – Gastos por Atividade Inovativa em relação ao Faturamento do Setor de Máquinas e Equipamentos e da Indústria de Máquinas-ferramenta (%)**

	Gastos em Atividades Inovativas (% RLV)							
	Atividades internas de Pesquisa e Desenvolvimento		Aquisição de máquinas e equipamentos		Projeto industrial e outras preparações técnicas		Aquisição de outros conhecimentos externos	
	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005
<b>Fabricação de máquinas e equipamen</b>	1,15%	0,55%	2,02%	1,81%	0,41%	0,48%	0,11%	0,72%
<b>Fabricação de máquinas-ferramenta</b>	1,82%	1,04%	1,64%	1,54%	0,34%	0,15%	0,06%	0,24%
Nacionais de Pequeno Porte	1,31%	0,59%	4,59%	2,49%	0,99%	0,24%	0,00%	0,19%
Nacionais de Médio Porte	3,01%	1,44%	1,58%	0,89%	0,35%	0,09%	0,27%	0,05%
<i>Mais intensivas em P&amp;D</i>	9,33%	4,50%	n.d.	1,35%	n.d.	0,14%	n.d.	0,16%
<i>Menos intensivas em P&amp;D</i>	0,67%	0,12%	n.d.	0,69%	n.d.	0,07%	n.d.	0,00%
Nacionais de Grande Porte	2,27%	2,37%	0,91%	1,70%	0,43%	0,12%	0,10%	n.d.
Estrangeiras	1,72%	0,50%	0,70%	1,23%	0,08%	0,14%	0,04%	n.d.
<i>Mais intensivas em P&amp;D</i>	13,52%	1,21%	0,00%	0,60%	n.d.	0,24%	0,00%	n.d.
<i>Menos intensivas em P&amp;D</i>	0,22%	0,00%	0,79%	1,67%	0,04%	0,07%	0,05%	n.d.

	Introdução das inovações tecnológicas no mercado		Treinamento		Aquisição externa de Pesquisa e Desenvolvimento		Aquisição de Software	
	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005
<b>Fabricação de máquinas e equipamen</b>	0,26%	0,29%	0,12%	0,11%	0,07%	0,03%	n.a	0,15%
<b>Fabricação de máquinas-ferramenta</b>	0,27%	0,14%	0,23%	0,08%	0,04%	0,05%	n.a	0,06%
Nacionais de Pequeno Porte	0,20%	0,02%	0,47%	0,03%	0,05%	0,01%	n.a	0,13%
Nacionais de Médio Porte	0,68%	0,04%	0,45%	0,02%	0,00%	0,21%	n.a	0,09%
<i>Mais intensivas em P&amp;D</i>	0,90%	n.d.	n.d.	0,08%	0,00%	n.d.	n.a	0,08%
<i>Menos intensivas em P&amp;D</i>	0,60%	n.d.	n.d.	0,00%	0,00%	n.d.	n.a	0,09%
Nacionais de Grande Porte	0,44%	0,26%	0,10%	0,09%	0,00%	0,00%	n.a	n.d.
Estrangeiras	0,18%	0,18%	0,12%	0,12%	0,05%	0,04%	n.a	n.d.
<i>Mais intensivas em P&amp;D</i>	0,38%	0,44%	0,31%	0,16%	0,00%	n.d.	n.a	n.d.
<i>Menos intensivas em P&amp;D</i>	0,16%	0,00%	0,10%	0,10%	0,06%	n.d.	n.a	n.d.

Nota: (i) A variável “Aquisição de Software” só está disponível para a pesquisa de 2005. Portanto, não aplicável para 2000 (n.a.). (ii) Para as nacionais de grande porte, valores estimados pelo autor.

Fonte: Elaboração própria a partir de tabulações especiais da Pesquisa de Inovação Tecnológica do IBGE.

Dada a maior relevância, para a indústria de máquinas-ferramenta, dos ‘gastos em P&D Interno’ e da ‘aquisição de máquinas e equipamentos’, vale verificar a distribuição do esforço financeiro empreendido nestas atividades dentre os diferentes grupos de empresas. Na realização de P&D interno, as empresas da indústria de máquinas-ferramenta, de modo geral, empreendem maior esforço de gasto do que aquelas do setor de máquinas e equipamentos. Destacam-se as firmas nacionais médias e estrangeiras de maior intensidade em P&D e as nacionais de grande porte. As médias mais intensivas mantêm, em ambos os anos da pesquisa, esforço em P&D bem mais alto do que o resto do setor. Nos outros grupos de empresas, especialmente dentre as estrangeiras de menor intensidade em P&D, é evidenciado um baixíssimo esforço.

O que se observa é que os grupos de empresas que apresentaram baixo esforço em P&D apresentam alto esforço na aquisição de máquinas e equipamentos. Este é o caso das empresas nacionais de pequeno porte. Para este grupo, maior parte do esforço em inovação está na compra de inovações incorporadas (esforço maior do que a média das empresas de máquinas e equipamentos). A aquisição de bens de capital é estratégia primordial também para as empresas estrangeiras de menor intensidade em P&D. Os esforços em inovação destas empresas, além de baixos, são concentrados nesta atividade (87% do esforço total em 2005).

A experiência internacional, como pôde ser evidenciado no Capítulo 1, aponta os gastos em P&D como importante instrumento de competitividade para uma empresa nesta indústria. As empresas alemãs, por exemplo, gastam, em média, 6% do faturamento em P&D (Avellar, 2008b). No Brasil, como exposto, as empresas de máquinas-ferramenta gastaram em P&D o equivalente a 1,82% do faturamento em 2000 e 1,04% em 2005. Apesar da alta representatividade nos gastos totais em inovação, o esforço ainda é baixo em relação ao *benchmark* internacional.

Além da 'aquisição de máquinas e equipamentos' e dos 'gastos em P&D Interno', outras atividades inovativas se destacaram em menor grau. Um exemplo são os gastos em 'projeto industrial e outras preparações técnicas'. Não é discriminado no questionário da pesquisa a exata finalidade destes investimentos. Segundo IBGE (2006):

*“Esses procedimentos e preparações incluem: plantas e desenhos orientados para definir procedimentos, especificações técnicas e características operacionais necessárias à produção e distribuição de inovações de processo e de produto; mudanças nos*

*procedimentos de produção e controle de qualidade, métodos e padrões de trabalho e software; as atividades de tecnologia industrial básica (metrologia, normalização e avaliação de conformidade), os ensaios e testes (não incluídos em P&D) para registro final do produto e para o início efetivo da produção.”(p. 20)*

Estes gastos são aqueles chamados pela ANPEI (1999) de despesas com engenharia não rotineira. Estas são atividades de engenharia diretamente relacionadas à introdução de inovações em estágios mais maduros de desenvolvimento, que garantem as especificações corretas para que o novo produto seja introduzido no mercado ou novo processo na empresa. São chamados de não rotineiros por serem demandados somente em etapas específicas do processo de inovação, quando o projeto a ser executado já está em fase próxima à de comercialização ou implementação.

Sendo estas atividades diretamente relacionadas à garantia de viabilidade técnica de inovações, espera-se que empresas que introduzem inovações mais diferenciadas e maior esforço em P&D tenham maiores gastos neste item. A análise da indústria de máquinas-ferramenta, porém, não aponta para um padrão claro de empresas que investem neste tipo de atividade. As nacionais de pequeno porte, em ambos os anos, mantiveram taxa de investimento maior do que a média desta indústria. Em 2000, se destacaram as nacionais de grande porte. Já em 2005, o maior gasto esteve nas estrangeiras de maior intensidade em P&D.

Não é possível, porém, saber a natureza destes gastos. Sabe-se apenas, conforme a seção anterior, que os resultados para as pequenas empresas foram inovações de menor grau de ineditismo. Para as grandes empresas e para as estrangeiras, estes gastos estão relacionados ao esforço incremental necessário para introdução de produtos novos associados a esforços anteriores de P&D. Já

para as pequenas empresas, há indicativos de que a própria adequação a padrões técnicos, mesmo de produtos já comercializados anteriormente, tenha sido considerada uma inovação para a empresa.

Esta é uma inovação importante, mesmo que não esteja relacionada à geração de novas tecnologias para o setor: aponta para uma adequação a normas de produção e para a internalização de novos conhecimentos de produção para a empresa. É sabida a dificuldade para a realização deste tipo de atividade dentre as empresas de menor porte no Brasil e a baixa exigência do mercado em que estas estão inseridas para este tipo de certificações. Os resultados da Tabela 9 indicam o forte esforço necessário para que as empresas de menor receita realizem este tipo de atividade e o desafio a ser enfrentado por estas empresas na gestão da produção.

Outros investimentos relevantes para a indústria foram os gastos na 'introdução de inovações tecnológicas no mercado'. Estes gastos foram mais significativos dentre as empresas que introduziram produtos com maior grau de ineditismo. Em 2000, os maiores gastos estiveram dentre as empresas médias - especialmente as de maior intensidade em P&D - e, em 2005, dentre as estrangeiras de maior intensidade em P&D e dentre as nacionais de grande porte. Os gastos nestas atividades parecem complementares a investimentos prévios em desenvolvimento de produto.

No ano de 2005, também aparecem como relevantes os gastos com a 'aquisição de conhecimentos externos' (7% dos gastos totais). Os investimentos das empresas de máquinas-ferramenta nesta atividade estão muito abaixo aos do setor de máquinas e equipamentos. Destaca-se que o investimento foi realizado

especialmente pelas empresas estrangeiras e, em menor grau, pelas de pequeno porte e médias mais intensivas.

A 'aquisição externa de conhecimento' não é prática comum no setor. A aquisição externa de P&D é também pouco representativa. Para esta variável, a exceção são as nacionais de médio porte no ano de 2005, com esforço maior do que o setor de máquinas e equipamentos (0,21% da receita, representando 7,45% dos gastos totais em inovação deste grupo de empresas).

É importante destacar que investimentos na aquisição externa de conhecimento, incluindo P&D externo, são importantes na medida em que forem complementares às atividades internas de inovação. O isolamento da empresa em suas atividades de desenvolvimento tecnológico não é benéfico. Para a empresa que busca inovar e investe em P&D internamente, o contato com outros atores externos, incluindo a aquisição de conhecimento, é fundamental e alavanca os resultados de inovação. O esforço da empresa deve estar em internalizar conhecimento de modo a incorporá-lo em suas atividades de inovação e produção. A aquisição de conhecimentos externos não deve ser substitutiva aos esforços de desenvolvimento tecnológico. Neste sentido, é importante verificar se as empresas que têm investido neste tipo de atividade também mantêm esforços internos de absorção de conhecimento, incluindo P&D.

O que aponta a análise das atividades de inovação na indústria de máquinas-ferramenta é um isolamento das empresas em suas atividades de desenvolvimento tecnológico. Este aspecto será analisado com mais detalhe na próxima seção.

Apesar desta afirmação, no ano de 2005, a ‘aquisição de conhecimentos externos’ à empresa passou a ter maior relevância tanto para as empresas da indústria de máquinas-ferramenta quanto para as do setor de máquinas e equipamentos. Este incremento, porém, foi acompanhado de redução dos esforços em gastos de P&D interno. A distribuição dos gastos não pôde ser inferida de modo a verificar se houve concentração da aquisição de conhecimentos externos dentre as empresas de menor esforço em P&D.

Todavia, evidências apontam para baixos esforços na internalização de conhecimentos externos entre as empresas de máquinas-ferramenta. Apesar do alto esforço em P&D interno de algumas empresas, os gastos com treinamento, por exemplo, são baixíssimos. O único grupo de empresas de máquinas-ferramenta que mantém esforço em gastos em treinamento maior do que a média do setor de máquinas e equipamentos é o de empresas estrangeiras mais intensivas em P&D.

#### ***IV.2.4 Caracterização das principais fontes de informação para inovação***

A análise dos gastos em inovação na seção anterior apontou para um possível isolamento das empresas da indústria de máquinas-ferramenta brasileira na realização de suas atividades inovativas. Como destacado, o isolamento não é uma escolha ótima já que o contato com outros atores pode alavancar os resultados dos esforços inovativos de uma empresa. Como afirma OCDE (1997):

*“As atividades inovadoras de uma empresa dependem em parte da variedade e da estrutura de suas interações com as fontes de informação, conhecimentos, tecnologias, práticas e recursos humanos e financeiros. As interações atuam como fontes de conhecimento e tecnologia para a atividade de inovação de uma empresa, abarcando desde fontes passivas de informação até fornecedores de conhecimento e tecnologia de forma incorporada ou não, e parcerias cooperativas.” (p.87)*

Em seu esforço inovador, a empresa deve estar capacitada a interagir com outros agentes e ser receptora de conhecimentos externos. Isto posto, deve ser capaz de absorver os novos conhecimentos de modo a internalizá-los em suas atividades de pesquisa ou produção. Na presente seção serão analisadas, para 2000 e 2005, as fontes de informação externas e internas à empresa utilizadas para inovação nas empresas produtoras de máquinas-ferramenta no Brasil.

Como aponta IBGE (2007b), as empresas que estão implementando inovações de produtos e processos originais tendem a fazer uso mais intenso de informações geradas em instituições produtoras de conhecimento tecnológico. Por outro lado, empresas envolvidas no processo de incorporação e de adaptação de tecnologias tendem a fazer uso dos conhecimentos obtidos através de empresas com as quais se relacionam comercialmente.

A Tabela 11 apresenta dados relativos à utilização de fontes de informação para a inovação na indústria de máquinas-ferramenta e em todo o setor de máquinas e equipamentos nos anos 2000 e 2005. É calculada na tabela, para cada fonte de informação, a participação das empresas que apontaram importância alta ou média dentre as empresas inovadoras.

**Tabela 11 – Percentual de Empresas Inovadoras da Indústria de Máquinas-ferramenta e do Setor de Máquinas e Equipamentos que atribuíram Importância Alta ou Média para cada Fonte de Informação (%)**

	Fabricação de Máquinas-ferramenta		Fabricação de Máquinas e Equipamentos	
	2000	2005	2000	2005
<b>Fontes Externas</b>				
Feiras e exposições	83,1%	86,9%	69,6%	61,9%
Clientes ou consumidores	72,8%	75,5%	69,7%	79,0%
Fornecedores	67,5%	65,7%	60,5%	59,7%
Redes de informação informatizadas	42,4%	66,1%	38,2%	67,9%
Concorrentes	43,4%	64,5%	40,8%	40,3%
Conferências, encontros e publicações especializadas	52,5%	37,4%	41,5%	36,5%
Empresas de consultoria e consultores independentes	14,2%	20,5%	13,6%	17,6%
Centros de capacitação profissional e assistência técnica	4,4%	11,6%	17,6%	20,2%
Instituições de testes, ensaios e certificações	4,3%	11,5%	18,8%	23,5%
Outra empresa do grupo	25,3%	7,4%	11,4%	5,9%
Universidades e institutos de pesquisa	5,2%	4,3%	14,3%	14,9%
Licenças, patentes e <i>know how</i>	4,8%	1,8%	7,0%	8,9%
<b>Fontes Internas</b>				
Outras áreas	87,4%	56,6%	80,2%	67,8%
Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento	10,6%	11,2%	20,1%	16,7%

Fonte: Elaboração própria a partir de tabulações especiais da Pesquisa de Inovação Tecnológica do IBGE.

A importância das relações dentro da cadeia produtiva, destacada no Capítulo 1, é facilmente identificada na análise das fontes externas utilizadas pelas empresas da indústria de máquinas-ferramenta. Muitas das inovações tiveram ‘fornecedores’ ou ‘clientes’ como fontes de informação. Esta característica também reflete o caráter incremental da inovação no segmento.

De maneira geral, outras empresas são importantes fontes de informação. Não só os ‘consumidores’ e os ‘fornecedores’ mas também os ‘concorrentes’ e

visitas a ‘feiras e exposições’ (onde a empresa pode monitorar as tendências tecnológicas de outras empresas) são elecandas como prioritárias. A importância atribuída pelas empresas de máquinas-ferramenta a este tipo de informação é, na maioria das vezes, maior do que a atribuída pelas outras empresas do setor de máquinas e equipamentos.

Fontes internas à empresa são também consideradas importantes mas em menor grau do que as externas. As inovações introduzidas são, em geral, resultado de trabalho em ‘outras áreas’ que não a de P&D (87% das empresas em 2000 e 57% em 2005), o que indica que a maioria das empresas do setor não possui departamento de P&D constituído. Apenas 11% das empresas em ambos os anos indicaram o ‘departamento de P&D’ como fonte com importância alta ou média. Para todo o setor de máquinas e equipamentos, este valor foi maior: 20% em 2000 e 17% em 2005.

Na indicação de fontes externas, a maioria das empresas de máquinas-ferramenta não apontou importância alta ou média para informações geradas em instituições onde há produção de conhecimento tecnológico. Esta não é uma característica apenas dos produtores de máquinas-ferramenta mas de todo o setor de máquinas e equipamentos (todavia, um maior número de empresas do setor de máquinas e equipamentos utiliza este tipo de informação para inovação).

Para estas empresas, é baixa a atribuição de importância a fontes para monitoramento do ambiente científico e de tecnologias inéditas ou menos difundidas (como universidades, licenças, patentes, conferências e publicações especializadas, etc.). A maioria aponta as empresas com que se relaciona comercialmente como principais fontes, o que se configura como uma estratégia de incorporação e

adaptação de tecnologias. Neste sentido, a indústria de máquinas-ferramenta repete padrão observado internacionalmente. Todavia, a nova tendência entre as empresas dos países líderes é o aumento das relações com universidades e institutos de tecnologia. O Brasil não parece acompanhar esta tendência.

Esta característica também está relacionada ao caráter mais incremental das inovações na indústria de máquinas-ferramenta. Neste sentido, é considerado como mais eficaz o monitoramento das necessidades de mercado ou dos produtos concorrentes do que o monitoramento de tecnologia básica. De fato, a maioria das inovações da indústria no Brasil consiste em aprimoramentos de produtos já existentes. A performance dos produtos anteriores é mais importante como informação para inovação do que a identificação de novas tecnologias em busca de aplicação.

Vale destacar que acompanhar tendências tecnológicas da indústria de máquinas-ferramenta no resto do mundo, como novas tecnologias de corte e novos materiais para as ferramentas (incluindo pesquisas em nanotecnologia), exigiria monitoramento de tecnologias básicas para verificar novas aplicações. Este conhecimento agregaria valor à atividade de desenvolvimento de projeto, fundamental para as atividades inovativas na indústria.

A maioria das empresas produtoras de máquinas-ferramenta utiliza outras empresas como fontes de informação, menos do que fontes de tecnologia básica. A maioria também não utiliza o departamento de P&D. Todavia, este padrão pode variar conforme o porte, a origem de capital e a intensidade em P&D, como observado na Tabela 12, que detalha as informações da Tabela 11 pela taxonomia de empresas criada para a análise deste capítulo.

**Tabela 12 - Percentual de Empresas Inovadoras da Indústria de Máquinas-ferramenta que Atribuíram Importância Alta ou Média para Cada Fonte de Informação (%)**

	Nacionais de Pequeno Porte		Nacionais de Médio Porte				Nacionais de Grande Porte		Estrangeiras			
			Mais intensivas em P&D		Menos intensivas em P&D				Mais intensivas em P&D		Menos intensivas em P&D	
	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005
<b>Fontes Externas</b>												
Feiras e exposições	77,2%	87,1%	100,0%	81,4%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	93,4%	57,9%
Clientes ou consumidores	64,4%	74,9%	70,0%	100,0%	79,5%	100,0%	100,0%	50,0%	100,0%	72,8%	93,4%	26,5%
Fornecedores	60,2%	71,5%	41,9%	41,1%	79,9%	63,2%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	85,9%	12,4%
Redes de informação informatizadas	30,8%	68,1%	41,9%	100,0%	57,0%	71,7%	0,0%	0,0%	71,0%	100,0%	73,6%	12,4%
Concorrentes	36,3%	67,9%	70,0%	59,6%	0,0%	86,6%	100,0%	50,0%	100,0%	72,8%	59,3%	0,0%
Conferências, encontros e publicações especializadas	49,5%	32,3%	0,0%	81,4%	39,8%	67,2%	100,0%	0,0%	100,0%	27,2%	62,1%	12,4%
Empresas de consultoria e consultores independentes	10,3%	14,7%	0,0%	40,4%	0,0%	28,5%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	33,9%	14,1%
Centros de capacitação profissional e assistência técnica	2,9%	1,3%	0,0%	81,4%	44,2%	27,0%	0,0%	0,0%	0,0%	72,8%	3,4%	0,0%
Instituições de testes, ensaios e certificações	4,2%	1,3%	0,0%	81,4%	0,0%	45,3%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,4%	0,0%
Outra empresa do grupo	3,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	52,4%	0,0%	100,0%	100,0%
Universidades e institutos de pesquisa	6,5%	1,3%	0,0%	41,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	27,2%	3,4%	0,0%
Licenças, patentes e know how	0,0%	1,3%	0,0%	0,0%	43,0%	0,0%	100,0%	0,0%	29,0%	0,0%	6,6%	12,4%
<b>Fontes Internas</b>												
Outras áreas	92,1%	50,0%	71,8%	59,6%	100,0%	81,7%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	69,6%	42,1%
Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento	8,4%	2,8%	41,9%	41,1%	19,3%	13,4%	100,0%	100,0%	23,4%	100,0%	6,8%	0,0%

Fonte: Elaboração própria a partir de tabulações especiais da Pesquisa de Inovação Tecnológica do IBGE

Para algumas empresas, o 'departamento de P&D' é altamente relevante como fonte interna de inovação (inclusive em relação a todo o setor de máquinas e equipamentos). Estas empresas se incluem dentre as nacionais de grande porte, as estrangeiras mais intensivas em tecnologia e, em menor grau, as médias mais intensivas. 'Outras áreas' da empresa não são menos importantes, mas a existência de um departamento de P&D é fundamental na atividade de inovação destas empresas.

Quanto às fontes externas, chama a atenção o comportamento do grupo de empresas estrangeiras de menor intensidade em P&D, especialmente no ano de 2005, quando indicam baixa importância de outras empresas como fontes de

informação ('clientes', 'fornecedores' e, principalmente, 'concorrentes'), diferente do padrão do resto da indústria. Chama a atenção também a forte importância dada como fonte de inovação à 'outra empresa do grupo', localizada no exterior, ratificando as observações anteriores de que algumas empresas estrangeiras aqui localizadas, ainda que realizem inovações, dependem fortemente da matriz.

Ainda quanto à importância dada a outras empresas, as empresas nacionais médias mais intensivas em P&D atribuem menor relevância para seus fornecedores. Há indicativo de que a maioria destas empresas atua na produção de bens de capital sob encomenda. As necessidades dos clientes são consideradas como principal incentivo para a inovação e, possivelmente, o poder de barganha com os fornecedores é baixo, principalmente dada a sua menor escala de produção. Já as empresas médias menos intensivas em P&D atribuem importância muito alta aos concorrentes e às feiras e exposições como fontes de informação. Como pôde ser verificado anteriormente, na análise das taxas de inovação, estas empresas têm comportamento imitativo. De fato, foi constatado que também apresentaram baixo esforço em P&D.

Vale destacar que, mesmo tendo a maioria das empresas apontado os clientes como fonte fundamental de informação para inovação, dependendo do nicho de mercado em que cada empresa atua, esta informação será diferenciada devido a menor ou maior exigência do consumidor. Neste sentido, os diferentes grupos de empresas destacados se defrontam com diferentes demandas por inovações. Isto se reflete nos diferentes resultados em termos de esforços em P&D ou ineditismo na taxa de inovação. De modo geral, as fontes de informação não são homogêneas

dentre as diferentes empresas dados os diferentes posicionamentos e mercados relevantes de atuação de cada uma.

Outras fontes externas, que não empresas da cadeia, foram pouco relevantes para o setor mas foram apontadas como importantes por certos grupos de empresas. Por exemplo, as empresas nacionais médias mais intensivas em P&D utilizaram de maneira relevante ‘conferências, encontros e publicações científicas’ (81% em 2005) e, em maior grau do que a média das empresas da indústria de máquinas-ferramenta, ‘universidades e institutos de pesquisa’ (41% em 2005).

As estrangeiras de maior intensidade em P&D também tiveram acesso a ‘conferências, encontros e publicações especializadas’ e ‘universidades e institutos de pesquisa’ em maior grau do que o resto do setor. Este comportamento é bem diferente do das estrangeiras de menor intensidade em P&D. O que se observa é que, para a produção de máquinas-ferramenta, a origem de capital não é fator fundamental na diferenciação do esforço inovador das empresas. Enquanto as empresas estrangeiras mais intensivas em P&D realizam atividades inovativas no país, geram valor para o Brasil e introduzem inovações no mercado, as menos intensivas pouco se esforçam e possuem atividades inovativas descoladas da operação nacional, com pouca sinergia a outros atores no Brasil, priorizando relações com a matriz.

Como já apontado no Capítulo 1, algumas empresas de capital estrangeiro instaladas no Brasil incorporam inovações realizadas pela matriz empreendendo poucas atividades inovativas no país (em geral pequenas adaptações à demanda nacional) enquanto outras possuem “mandato” para o desenvolvimento de uma determinada tecnologia em seus grupos. O segundo grupo de empresas está, em

geral, estabelecido no país há algumas décadas, podendo ser considerados como composto de empresas veteranas no mercado brasileiro (Avellar, 2008b).

## CONCLUSÃO

A produção de bens de capital é estratégica para o desenvolvimento industrial e as máquinas-ferramenta são consideradas o núcleo desta indústria. Para as atividades tradicionais de manufaturas, o setor é importante difusor de novas tecnologias. Para atividades de maior dinamismo, que introduzem inovações, as empresas do setor podem ser parceiras no desenvolvimento de novas soluções demandadas para a introdução de novas tecnologias de produto ou processo.

Neste contexto, a inovação é atividade primordial para o posicionamento estratégico e sobrevivência na indústria de máquinas-ferramenta. Todavia, dependendo do tipo de máquina produzida, a competição no mercado pode ocorrer através de outros fatores. Há a co-existência das novas tecnologias com as obsoletas, voltadas a diferentes nichos de consumidores. Para máquinas convencionais (seriadas e de tecnologia madura), a competição é primordialmente via preço e o custo é fundamental. Para máquinas produzidas sob encomenda, o principal determinante da competitividade é a tecnologia. Para um terceiro grupo, máquinas em série e de maior complexidade tecnológica (como centros de usinagem e máquinas CNC), a competição ocorre via preço e tecnologia.

No desenvolvimento de inovações, a literatura aponta, como aspecto fundamental, a interação entre os diferentes elos da cadeia produtiva, com importância para os fluxos de informação e tecnologia advindos dos fornecedores e consumidores. Porém, as atividades tecnológicas empreendidas variam conforme o grau de maturidade tecnológica do produto e a exigência da demanda. Empresas que fabricam no “estado da arte” necessitam de forte competência em engenharia de produto e fortes vínculos com o sistema científico e tecnológico. Para produtos

maduros, a engenharia de produtos, mesmo importante, está menos vinculada a este sistema. Ademais, além de inovações tecnológicas, diferenciar pode estar relacionado a melhorar o atendimento ao consumidor através de melhores canais de comercialização e serviços de pós-venda.

Todavia, a experiência internacional dos principais produtores de máquinas-ferramenta no mundo (Alemanha, Japão, Itália e Estados Unidos) aponta para uma indústria voltada, cada vez mais, a processos de inovação baseados em ciência. Aponta também para a importância crescente do P&D e das parcerias com centros de pesquisa, produtores e clientes.

Dada a importância estratégica da produção de máquinas-ferramenta para os demais setores industriais e a relevância da inovação para este grupo de empresas, o objetivo deste trabalho foi compreender as principais características da produção e do consumo de máquinas-ferramenta no Brasil e analisar os principais aspectos que determinaram o comportamento inovador desta indústria a partir do ano 2000.

A constituição da indústria de máquinas-ferramenta no país remonta aos primórdios da industrialização brasileira. Na década de 1930, já eram identificadas algumas unidades produtoras. A partir desta base incipiente, acompanhando as oscilações da economia brasileira, esta indústria cresceu e se consolidou tendo na substituição de importações um fator determinante. Períodos de aceleração econômica como o Plano de Metas, o Milagre Brasileiro e o II PND foram momentos de forte crescimento do setor, acompanhando o incremento das taxas de investimento. Para a viabilidade da indústria, se apostou mais na difusão de tecnologias de países desenvolvidos e menos na capacidade de geração de tecnologia própria.

A década de 90 foi um período de inflexão para a trajetória de desenvolvimento da indústria de máquinas-ferramenta brasileira. Foi determinado o fim do período de substituição de importações e aprofundada a abertura comercial. O comportamento da indústria de máquinas-ferramenta demonstrou que parte significativa das empresas não estava preparada para um ambiente de maior competitividade. A consequência foi a desnacionalização da produção, a maior especialização em produtos de menor sofisticação tecnológica e o fechamento de empresas.

Houve uma reestruturação pós-abertura mas a análise da indústria, já nos anos 2000, aponta para uma indústria de baixa produtividade e sujeita a maior competitividade dos importados com consequente déficit comercial persistente. Aponta também para uma indústria bastante heterogênea. Esta heterogeneidade acompanhava a indústria desde a sua formação mas foi aprofundada após a liberalização comercial. Vermulm (2003) descreve esta heterogeneidade para a indústria produtora de máquinas-ferramenta no Brasil.

Ademais, outros autores apontam para uma indústria, no Brasil, especializada em máquinas de menor valor agregado e de baixa complexidade tecnológica. Segundo Naveiro (2005), resultados apontavam para uma indústria exportadora de máquinas convencionais e importadora de máquinas com comando numérico. Isto posto, as exportações seriam compostas por produtos de baixa agregação de valor e as importações por produtos de maior agregação o que implicaria em déficits comerciais.

Dada a heterogeneidade das empresas produtoras de máquinas-ferramenta no país e as evidências de uma indústria produtora de máquinas de menor valor

agregado, duas etapas foram seguidas para responder às principais questões deste trabalho: (i) mapeamento das principais máquinas-ferramenta produzidas e consumidas no Brasil no período 2001-2006, a partir de tipologia de produto específica, de modo a inferir o perfil da demanda brasileira por máquinas-ferramenta, o padrão de especialização da indústria nacional e seu grau de sofisticação tecnológica; (ii) análise do padrão de inovação na indústria de máquinas-ferramenta a partir das variáveis da PINTEC para os anos de 2000 e 2005 com base em tipologia de empresas específica.

O mapeamento da produção de máquinas-ferramenta no Brasil apontou para uma concentração da produção nacional em três principais grupos de equipamentos: 'centros de usinagem e máquinas de estações múltiplas', 'tornos' e 'prensas'. Os 'centros de usinagem e máquinas de estações múltiplas' são produtos de maior intensidade tecnológica assim como as 'prensas' produzidas no país. Já os 'tornos' são de variada complexidade tecnológica: são produzidos no Brasil desde tornos convencionais até tornos de comando numérico.

O mapeamento da produção nacional mostrou também para uma maior propensão da indústria em ofertar para o mercado interno, com exceção da produção de 'prensas', essencialmente exportadora.

Isto posto, algumas características da demanda interna parecem estar refletidas na estrutura da oferta. A principal delas é a existência de setores consumidores com diferentes graus de exigência. Neste sentido, a demanda de máquinas convencionais co-existe com a de máquinas sofisticadas.

De fato, a produção nacional é diversificada e atende a diferentes nichos de mercado. A diversidade entre as empresas não permite afirmar que exista um padrão de especialização da produção nacional em máquinas de baixo conteúdo tecnológico. Todavia, o déficit comercial e a análise das importações apontam para lacunas no fornecimento de algumas máquinas de maior conteúdo tecnológico pelas empresas instaladas no Brasil. Mesmo que muitas delas tenham capacitações para atender certos mercados de maior exigência, produtos mais sofisticados exigiriam uma escala de mercado que a região não dispõe, além de requererem maior capacitação tecnológica para o desenvolvimento e para a produção.

De maneira geral, a identificação de déficits comerciais para a indústria de máquinas-ferramenta aponta para a impossibilidade da indústria nacional de suprir certas demandas internas. Para alguns tipos de produto, fica claro um padrão de importação de produtos de maior tecnologia (especialmente 'MF de usinagem não-convencional' e 'partes, peças, acessórios e outros componentes para MF'), onde não há capacitação ou escala para produção pela indústria brasileira. Em outros, este padrão não aparece ('prensas', 'tornos' e 'centros de usinagem e máquinas de estações múltiplas').

O caso das 'prensas' é uma exceção em que o setor é exportador líquido de produtos mais sofisticados. Para os 'centros de usinagem e máquinas de estações múltiplas' e 'tornos', apesar das evidências de que a indústria está capacitada para produzir máquinas mais sofisticadas, o comércio ainda é deficitário. Destaca-se para o caso dos 'tornos', a representativa importação de máquinas japonesas, mais sofisticadas do que as nacionais, o que mostra que, apesar da relativa capacitação tecnológica, ainda há um descolamento da fronteira internacional.

O que se observa é que o caso das 'prensas', dos 'centros de usinagem e máquinas de estações múltiplas' e dos 'tornos' (este último em menor grau) reflete uma realidade descolada de outros segmentos da indústria de máquinas-ferramenta. Enquanto nestas atividades destacam-se empresas - especialmente estrangeiras, sendo relevante o caso de uma empresa nacional, a Romi - que exportam para mercados como Europa e Estados Unidos, em outros segmentos a maior relevância é de empresas nacionais de menor porte com baixa capacitação e produtoras de máquinas mais convencionais.

Apesar de voltadas para o mercado interno, algumas destas empresas focadas em outros grupos de produto ainda conseguem exportar para mercados menos exigentes, especialmente na América Latina. Neste grupo, destacam-se produtores de 'outras MF para usinagem' e 'outras MF para conformação' e os produtores de 'partes, peças, acessórios e outros componentes' e alguns produtores de "tornos". Chamou a atenção na análise do grupo de empresas produtoras de máquinas-ferramenta menos sofisticadas, a forte participação de algumas empresas estrangeiras, especializadas neste nicho de mercado. Estudos anteriores não ressaltaram a presença de empresas estrangeiras neste nicho de menor sofisticação.

Mapeados os principais equipamentos produzidos no país e evidenciado o papel dos diferentes grupos de empresas na produção de máquinas-ferramenta, o trabalho voltou-se a compreender as atividades inovativas deste grupo de empresas e a analisar os diferentes padrões de inovação através da PINTEC. Para este esforço, foi utilizada a seguinte taxonomia: (i) empresas nacionais de pequeno porte; (ii) empresas nacionais de médio porte mais intensivas em P&D; (iii) empresas

nacionais de médio porte menos intensivas em P&D; (iv) empresas nacionais de grande porte; (v) empresas estrangeiras mais intensivas em P&D; (vi) empresas estrangeiras menos intensivas em P&D.

A análise da PINTEC para 2000 e 2005 identificou na indústria de máquinas-ferramenta no Brasil algumas características que já haviam sido identificadas na revisão de literatura, ainda no Capítulo 1. Uma delas é a alta importância atribuída à inovação em produto. Há inovações em processo mas, em geral, são atreladas à viabilidade de inovações em produto. Outra é o caráter incremental das inovações, em sua maioria aprimoramento de produtos já existentes. Vale destacar também que o grau de ineditismo das inovações não é alto mas é maior para inovações em produto.

Na realidade, a introdução de produtos inéditos para o mercado nacional é mais comum em certos grupos de empresas: nacionais de médio porte mais intensivas em P&D, nacionais de grande porte e dentre as empresas de capital estrangeiro (especialmente as mais intensivas em P&D). Em outros grupos de empresas, principalmente menos intensivas em P&D, o grau de ineditismo é menor e inovações apenas em processo aparecem com maior frequência. Da mesma forma, as pequenas empresas inovam menos que o resto da indústria tanto em produto quanto em processo.

Quanto aos gastos em inovação, foi identificada maior concentração em 'aquisição de máquinas e equipamentos' e em 'atividades internas de P&D'. A alta participação da compra de bens de capital repete o padrão de inovação nacional, de introdução de inovações principalmente incorporadas a equipamentos, mas os gastos em P&D das empresas de máquinas-ferramenta são mais representativos do

que a média das empresas nacionais e a média do setor de máquinas e equipamentos. Todavia, o esforço em P&D (gastos em P&D em relação ao faturamento) das empresas da indústria de máquinas-ferramenta esteve abaixo do *benchmark* internacional.

Vale ressaltar que a análise dos gastos nestas duas atividades para os diferentes grupos de empresas de máquinas-ferramenta aponta para padrões diferenciados. O que se observa é que os grupos de empresas que apresentaram alto esforço na aquisição de máquinas e equipamentos empreenderam baixo esforço em P&D. Este é o caso, principalmente, das empresas nacionais de pequeno porte e das estrangeiras menos intensivas em P&D. Dentre as empresas com maior esforço em P&D, se destacaram as médias e estrangeiras mais intensivas em P&D e as nacionais de grande porte.

Outros gastos com maior representatividade foram em 'projetos industriais e outras preparações técnicas', 'introdução de inovações tecnológicas no mercado' e 'aquisição de outros conhecimentos externos'. Para este último, mesmo sendo apontado dentre os mais relevantes, os investimentos são ainda baixos (menores que os do setor de máquinas e equipamentos). A aquisição externa de conhecimento não é prática comum nesta indústria bem como a aquisição externa de P&D.

A análise das atividades de inovação na indústria de máquinas-ferramenta aponta para um isolamento das empresas em suas atividades de desenvolvimento tecnológico. Ademais, evidências apontam para baixos esforços na internalização de conhecimentos externos. Mesmo empresas com altíssimo esforço em P&D, gastam pouco com esforços como treinamento.

Este aspecto pode ser analisado com mais detalhes pela verificação das fontes de informação externas à empresa utilizadas para a inovação. A análise desta variável aponta para um padrão de inovação cujas interações estão mais voltadas para as empresas com as quais elas se relacionam comercialmente (clientes, fornecedores e concorrentes), o que se configura como uma estratégia de incorporação e adaptação de tecnologias. Neste sentido, a indústria repete padrão observado internacionalmente. Esta característica está relacionada ao caráter mais incremental das inovações no segmento, como já identificado na análise de Levinthal (1998), explorado no Capítulo 1.

Isto posto, é considerado como mais eficaz o monitoramento das necessidades de mercado ou dos produtos concorrentes do que o monitoramento de tecnologia básica. Da mesma forma, a maioria das empresas produtoras de máquinas-ferramenta não possui departamento de P&D. Todavia, verificou-se também que as empresas dos países líderes na produção de máquinas-ferramenta têm aumentado suas relações com universidades e institutos de tecnologia.

Tal tendência não é observada nem mesmo dentre os grupos de empresas brasileiras mais inovadoras. Mesmo aquelas que consideraram o departamento de P&D como altamente relevante (nacionais de grande porte, estrangeiras mais intensivas em P&D e médias mais intensivas em P&D), não consideraram atividades científicas como importantes fontes de informação em ambos os anos.

Ainda quanto às fontes externas de informação, chamou a atenção o comportamento do grupo de empresas estrangeiras de menor intensidade em P&D, especialmente em 2005, quando indicam baixa importância para empresas da cadeia, diferente do padrão do resto da indústria, e aponta forte importância à “outra

empresa do grupo” localizada no exterior. Enquanto as estrangeiras mais intensivas em P&D realizam atividades inovativas no país, geram valor e introduzem inovações no mercado, as menos intensivas pouco se esforçam e possuem atividades inovativas descoladas da operação nacional, priorizando relações com a matriz. Assim como na análise dos fluxos comerciais, a análise da inovação na indústria de máquinas-ferramenta, a partir da PINTEC, identificou este grupo de empresas estrangeiras com baixo investimento em inovação.

Vale destacar que, mesmo tendo a maioria das empresas de máquinas-ferramenta apontado os clientes como fonte fundamental para inovação, dependendo do nicho de mercado em que cada empresa atua esta informação será diferenciada (o consumidor será mais ou menos exigente). Isto se reflete nos diferentes resultados em termos de esforços em P&D ou ineditismo na taxa de inovação. De modo geral, as fontes de informação não são homogêneas entre as diferentes empresas, considerados os diferentes posicionamentos e mercados relevantes de atuação.

De modo geral, a diversidade da indústria de máquinas-ferramenta no Brasil aponta para um setor capaz de suprir diferentes demandas. Todavia, alguns nichos de mercado, especialmente de maior intensidade tecnológica, não parecem ser plenamente atendidos pela indústria nacional o que implica em uma balança comercial deficitária para máquinas-ferramenta.

Algumas empresas instaladas no país tem produtividade alta e capacitação tecnológica compatível com as necessidades competitivas do setor nos nichos de mercado em que atuam. O que se observa é que estas empresas não são numerosas e, mesmo produzindo máquinas mais avançadas, não ofertam muitas

das máquinas de maior complexidade tecnológica. A baixa demanda interna é, muitas vezes, uma causa deste problema.

Todavia, os gastos em P&D, mesmo que menores do que o *benchmark* internacional, e o alto grau de ineditismo em alguns grupos de empresas de máquinas-ferramenta indicam que as empresas instaladas no país são boas no que se propõe a fazer. Para o pleno desenvolvimento de uma indústria de máquinas-ferramenta de maior dinamismo, resta a estas empresas a difícil missão de se propor a “fazer mais”, buscando nichos de mercado mais avançados. Neste sentido, o incremento das taxas de investimento (e conseqüente demanda por novas máquinas-ferramenta) e das taxas de inovação de toda a indústria brasileira devem ser um dos estímulos para que a demanda interna exija das empresas de máquinas-ferramenta maior esforço em diferenciação tecnológica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMAQ (2008). Câmara Setorial de Máquinas-ferramenta e Sistemas Integrados de Manufatura. Disponível em: <http://www.abimaq.org.br/camaras/cscamara.asp>. Acesso em Julho/2008.

ANPEI (1999). Indicadores Empresariais de Inovação Tecnológica: instrumento de coleta de dados. São Paulo.

ASSUNÇÃO, F.C; SANTOS, V.R. (2007). Estudo Setorial de Fundação: 2004-2006. O Setor de Fundação no Brasil – Perfil Produtivo e Tecnológico. FINEP. 180 p.

AVELLAR (2008a). Relatório Setorial Final – Bens de Capital. Disponível em: [http://www.finep.gov.br/PortalDPP/relatorio\\_setorial\\_final/relatorio\\_setorial\\_final\\_impresso.asp?lst\\_setor=5](http://www.finep.gov.br/PortalDPP/relatorio_setorial_final/relatorio_setorial_final_impresso.asp?lst_setor=5). Acesso em Maio de 2008.

AVELLAR (2008b). Uma Agenda de Competitividade para a Indústria Paulista: Setor de Máquinas-ferramenta. Nota Técnica. São Paulo: IPT.

BELL, M.; PAVITT, K. (1993) Technological Accumulation and Industrial Growth: Contrasts Between Developed and Developing Countries. *Industrial and Corporate Change*, 2 (2), pp. 157-210.

BNDES (1965). Máquinas-ferramentas para Trabalhar Metais: definição, classificação, tipos, características, emprego. Departamento Econômico. Rio de Janeiro: BNDES.

BNDES (1988). Questões Relativas à Competitividade da Indústria de Bens de Capital: bens de capital sob encomenda e máquinas-ferramenta. Estudos BNDES. Rio de Janeiro: BNDES.

CASTRO, L.B. (2005). Privatização, Abertura e Desindexação: a primeira metade dos anos 90 (1990-1994). In: GIAMBIAGI, F.; VILLELA, A.; CASTRO, L.B.; HERMAN, J. (ORG.). *Economia Brasileira Contemporânea (1845-2004)*. Rio de Janeiro: Elsevier

CORNELIUS, H.; VON HIPPEL, E. (1992). From Experience Developing New Products Concepts Via the Lead User Method: a case study in a “Low Tech” Field. *Journal of Product Innovation Management*, 9, pp. 213-221.

COSTA, E.S. (2006). *Processos de Usinagem*. Divinópolis - CEFET/MG. Disponível em:<http://academicos.cefetmg.br/admin/downloads/2104/Apostila%20de%20Usinagem.pdf>. Acesso em Julho de 2008.

COUTINHO, L.; FERRAZ, J.C. (1993) *Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira*. Campinas: Editora Unicamp/Papirus/MCT.

CRUZ, H.N. (1983) *Notas sobre a Mudança Tecnológica no Setor de Máquinas-ferramenta no Brasil*. *Estudos Econômicos*, vol. 13, n. 3, pp; 497-518.

CRUZ, H.N. (1993). *Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira: competitividade da indústria de máquinas-ferramenta*. Nota Técnica. Campinas. FECAMP.

DE NEGRI, J.A.; ESTEVES, L.; FREITAS, F. (2008). *Produção de Conhecimento e Crescimento da Firma no Brasil*. *Parcerias Estratégicas*. N. 26, pp -171-178.

ERBER, F.; CHUDNOVSKY, D. (1999). *El Impacto del Mercosur sobre la Dinamica del Sector de Maquinas-herramienta*. In: TACCONI, J.J.; GARAY, L.J. (org) *Impacto sectorial de la integración en el Mercosur*. Buenos Aires: BID/INTAL.

ERBER, F.; VERMULM, R. (2002). *Estudo da Competitividade de Cadeias Integradas no Brasil: impactos das zonas de livre comércio – Cadeia: Bens de capital*. Nota técnica Final. Campina: NEIT/IE/UNICAMP.

FERRAZ, J.C., KUPFER, D., IOOTY, M. (2004) “Competitividad industrial en Brasil: 10 años después de la liberalización” *Revista de la CEPAL* 82, abril 2004.

FIALHO, B.; HASENCLEVER, L.; HEMAIS, C.A. (2003). *Punctuated Equilibrium and Technological Innovation in the Polymer Industry*. *Revista Brasileira de Inovação*. Vol.2, N.2, pp 309-328.

GIAMBIAGI, F. (2005a). *Estabilização, Reformas e Desequilíbrios Macroeconômicos: os anos FHC (1995-2002)*. In: GIAMBIAGI, F.; VILLELA, A.;

CASTRO, L.B.; HERMAN, J. (ORG.). Economia Brasileira Contemporânea (1845-2004). Rio de Janeiro: Elsevier

GIAMBIAGI, F. (2005b). Rompendo com a ruptura: o Governo Lula (2003-2004). In: GIAMBIAGI, F.; VILLELA, A.; CASTRO, L.B.; HERMAN, J. (ORG.). Economia Brasileira Contemporânea (1845-2004). Rio de Janeiro: Elsevier

HATZICHRONOGLU, T. (1997). Revision of the High-technology Sector and Product Classification. OECD Science, Technology and Industry Working Papers.

HERMANN, J. (2005) Reformas, Endividamento Externo e o “Milagre” Econômico (1964-1973). In: GIAMBIAGI, F.; VILLELA, A.; CASTRO, L.B.; HERMAN, J. (ORG.). Economia Brasileira Contemporânea (1845-2004). Rio de Janeiro: Elsevier

IBGE (2004). Pesquisa Industrial 2004 – Empresa. Nota Técnica. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE (2005). Pesquisa Industrial 2005 – Produto. Nota Técnica. Rio de Janeiro: IBGE.

IBGE (2006) Pesquisa de Inovação Tecnológica PINTEC – 2005: Instruções para o preenchimento do questionário. Disponível em: <http://www.pintec.ibge.gov.br/download/manual2005.pdf>. Acesso em Agosto de 2008.

IBGE (2007a). Estrutura detalhada e notas explicativas da CNAE 2.0. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/concla/pub/revisao2007/PropCNAE20/CNAE20\\_Subclasses\\_NotasExplicativas.pdf](http://www.ibge.gov.br/concla/pub/revisao2007/PropCNAE20/CNAE20_Subclasses_NotasExplicativas.pdf). Acesso em Julho de 2008.

IBGE (2007b). Pesquisa de Inovação Tecnológica 2005. Publicação Completa. Rio de Janeiro: IBGE.

KUPFER, D. (2004). “Tecnologia e Emprego são Realmente Antagônicos?” In: Sicsú, J. et al. “Novo-Desenvolvimentismo – um projeto nacional de crescimento com equidade social”. Barueri, Manole. Rio de Janeiro, Fundação Konrad Adenauer.

KUPFER, D., ROCHA, C. F. (2004). Dinâmica da produtividade e heterogeneidade estrutural na indústria brasileira. Disponível em:

[http://www.ie.ufrj.br/gic/pdfs/dinamica\\_da\\_produtividade\\_e\\_heterogeneidade\\_estrutural\\_na\\_industria\\_brasileira\\_versao\\_revista.pdf](http://www.ie.ufrj.br/gic/pdfs/dinamica_da_produtividade_e_heterogeneidade_estrutural_na_industria_brasileira_versao_revista.pdf) . Acesso em Novembro de 2007.

LAPLANE, M.F. (1990). Diagnóstico da Indústria Brasileira de Máquinas-ferramenta. Campinas: IPT/FECAMP.

LEVINTHAL, D.A.(1998). The slow pace of rapid technological change, gradualism and punctuation in technological change. *Industrial and Corporate Change*, 7, pp. 217-247.

MAGALHÃES, E.S. (1976a). A evolução da Indústria de Máquinas-ferramenta no Brasil. Tese de Mestrado. Brasília: UNB.

MAGALHÃES, E.S. (1976b). Mudanças estruturais na indústria de máquinas-ferramenta. *Boletim Econômico - IPEA*, vol.3., maio/jun, pp. 18-21

MARIN, D.; FIGUEIREDO, P.N. (2005). Acumulação Tecnológica e Gestão de Processos de Aprendizagem: a experiência de uma empresa metalmeccânica no Brasil". *Revista Gestão & Tecnologia*. Vol. 6, N. 1, pp. 17-39.

MARRONE, P. (2001). Análise das Perspectivas e Recomendações de Políticas ao Setor de Máquinas e Equipamentos e seus Segmentos à luz do Processo de Liberalização Comercial Regional no âmbito da ALCA. São Paulo: ABIMAQ

MARRONE, P. (2006). China e o seu Efeito sobre a Indústria de Máquinas e Equipamentos no Brasil. São Paulo: Magma Editora Cultural.

MOREIRA, M.E. (2008). CAE : Indústrias Necessitam de Profissionais Qualificados. *Revista Mecânica & Tecnologia*. N. 123. Ibéria Editora.

NASSIF, A. (2008). Há Evidências de Desindustrialização no Brasil? *Revista de Economia Política*. Vol. 28, n. 1. jan-mar.

NAVEIRO, R. M. (2005) Setor de Máquinas e Equipamentos. *Série Estudos Setoriais*, n. 3. Brasília: SENAI/DN.

OCDE (1997). Manual de Oslo: Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica. Terceira edição. Tradução: Rio de Janeiro, FINEP, 2004

PASSOS, M.C. (1996). Capacitação Tecnológica na Indústria de máquinas-ferramentas do Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado. Campinas: IE/UNICAMP

PAVITT, K. (1984) Sectoral Patterns of Technical Change: towards a taxonomy and a theory. North-Holland, Research Policy, v.13, n.6, pp. 343-373.

PIANI,G.;MIRANDA,P.(2006). Regimes Especiais de Importação e “Ex-tarifários”: o caso do Brasil. Texto para discussão. N. 1246. Rio de Janeiro: IPEA.

PRATES, D.M. (2007). A Alta Recente no Preço das Commodities. Revista de Economia Política. Vol. 3, n. 2. Julho/setembro.

PUGA, F.P (2006a). Por que Crescem as Exportações Brasileiras. In: TORRES FILHO, E.T.; PUGA, F.P.; FERREIRA, F.M.R. (org.). Visão do Desenvolvimento. Rio de Janeiro: BNDES.

PUGA, F.P (2006b). Câmbio Afeta Exportadoras de Forma Diferenciada. In: TORRES FILHO, E.T.; PUGA, F.P.; FERREIRA, F.M.R. (org.). Visão do Desenvolvimento. Rio de Janeiro: BNDES.

PUGA, F.P (2006c). O que Mudou nas Importações e Exportações da Indústria. In: TORRES FILHO, E.T.; PUGA, F.P.; FERREIRA, F.M.R. (org.). Visão do Desenvolvimento. Rio de Janeiro: BNDES.

ROCHA, O. (2008). Conformação Plástica dos Metais. Disponível em: <http://www.otvrocha.oi.com.br/Apostila%20de%20Conformacao.pdf>. Acesso em Julho de 2008.

ROMI (2007). Apresentação a Analistas de Mercado e Investidores. Disponível em: [http://www.romi.com.br/fileadmin/Editores/Empresa/Investidores/Documentos/Apresentacoes/APIMEC\\_SP\\_nov2007\\_\\_p\\_.pdf](http://www.romi.com.br/fileadmin/Editores/Empresa/Investidores/Documentos/Apresentacoes/APIMEC_SP_nov2007__p_.pdf). Acesso em Julho de 2008.

TAUILE, J.R. (1985). A Difusão de Máquinas-ferramenta de Controle Numérico no Brasil. Pesquisa Planejamento Econômico, vol. 15, n.3. pp. 681-704.

TORRES FILHO, E.T.; PUGA, F.P (2007). Perspectivas do Investimento 2007/2010. Rio de Janeiro: BNDES, 348 p.

TORRES FILHO, E.T.; PUGA, F.P; NASCIMENTO, M.M. (2007). Os Investimentos Deverão Crescer Mais de 10% ao Ano entre 2008-2011. Visão do Desenvolvimento 2007. Rio de Janeiro: BNDES.

TUSHMAN, M.L.; ANDERSON, P. (1986). Technological Discontinuities and Organizational Environments. Administrative Science Quarterly, 31, pp. 438-465.

UTTERBACK, J. (1996). Dominando a Dinâmica da Inovação. Tradução para português. Rio de Janeiro: Qualitymark.

VERMULM, R. (1992). A Indústria de Máquinas-ferramenta no Brasil: perspectivas negras. Informações FIPE. Maio/junho.

VERMULM, R. (1994). Estratégias Empresariais no Setor de Máquinas-ferramenta no Brasil na Década de 80. Tese de Doutorado. São Paulo: FEA/USP.

VERMULM, R. (2003). A Indústria de Bens de Capital Seriados. Disponível em: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/4/21524/LCBRS147RobertoVermulm.pdf>. Acesso em janeiro de 2008

VIDDOSICH, F. (1974). A Indústria de Máquinas-ferramenta no Brasil. Série Estudos para o Planejamento, vol. 8. Brasília: IPEA/IPLAN.

VON HIPPEL, E. (1988). The Sources of Innovation. Oxford: Oxford University Press, 180 p.

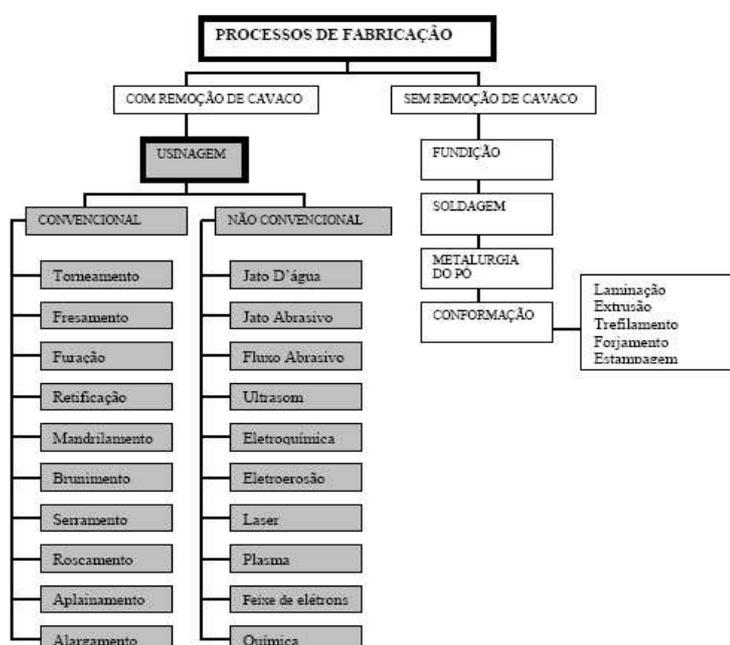
ZBOROWSKI, I.B. (2006). A Evolução das Contas Externas e do Cenário Internacional e seus Efeitos na Inflação Brasileira (1999-2005). Monografia de Bacharelado. Rio de Janeiro: IE/UFRJ.

## ANEXO 1 – PRINCIPAIS OPERAÇÕES REALIZADAS POR MÁQUINAS-FERRAMENTA PARA USINAGEM E CONFORMAÇÃO DE METAIS

As máquinas-ferramenta que trabalham metais podem realizar operações com arranque de cavaco (eliminação de material) ou sem arranque de cavaco (sem eliminação de material.). As primeiras são operações de usinagem enquanto as segundas são operações de conformação.

Segundo Costa (2006), a usinagem é uma operação que, ao conferir ao metal, a forma, a dimensão e o acabamento desejado produz cavaco. Sendo cavaco, a porção de material da peça, retirada pela ferramenta. Já a conformação mecânica é uma operação que consiste em aplicar esforço mecânico em metais, que resultam em uma mudança permanente em suas dimensões, sem que para isso ocorra arranque de cavaco. As propriedades dos materiais que permitem a deformação são a elasticidade e a plasticidade, presentes em metais específicos como o Cobre e o Alumínio. Costa (2006) esquematiza estes processos apontando as principais operações de usinagem e conformação:

**Figura 1A – Classificação dos Processos de Fabricação**



As operações de usinagem convencional podem ser realizadas por máquinas como os Tornos, as Fresadoras, as Furadeiras, as Mandriladoras, as Retificadoras, as Brunidoras, as Serras, as Rosqueadoras e as Plainas. São adaptadas a estas máquinas, ferramentas capazes de realizar este tipo de operação, para trabalhar o metal adequadamente. Para ilustrar algumas destas operações, são apresentadas abaixo a caracterização de certas máquinas, baseado em BNDES (1965) e Costa (2006):

- Os Tornos são máquinas que transformam um sólido de metal em uma peça com características previamente fixadas (forma e dimensões), fazendo-o girar em torno de seu eixo e arrancando-lhe material perifericamente.
- As Fresadoras são máquinas cuja ferramenta dispõe de arestas cortantes dispostas simetricamente ao redor de um eixo que gira com movimento uniforme, arrancando material da peça trabalhada. Estas máquinas podem realizar trabalhos de acabamento como: facear, abrir dentes de engrenagem, perfilar, etc..
- As Furadeiras utilizam brocas para realizar furos em metais.
- As Mandriladoras são indicadas, em geral, para trabalho em superfícies internas, em peças volumosas de difícil manejo. Tem alguma semelhança com o torno pela maneira de arrancar cavaco mas também tem semelhança com as Furadeiras.
- Já as Plainas são máquinas-ferramenta destinadas a executar, principalmente, operações de facear superfícies planas de grande extensão e frisar cilindros.

Podem também ser realizadas operações de usinagem não-convencionais, através de outros métodos de eliminação de material como jato d'água, ultra-som, eletroquímica, eletroerosão, a laser, feixe de elétrons, plasma, dentre outros.

Já as operações de conformação listadas na Figura 1A podem ser realizadas por máquinas como as Prensas, as Laminadoras, as Trefiladoras e as Bancas para extrusão. Para ilustrar algumas destas operações são apresentadas abaixo a caracterização de algumas máquinas, baseado em Rocha (2008) e Costa (2006):

- As Prensas fazem operações de forjamento em que o material é deformado por prensagem, através de uma força de compressão de baixa velocidade (operações de forjamento também podem ser realizadas por martelamento). As prensas podem ser mecânicas ou hidráulicas. As prensas hidráulicas têm maior capacidade de aplicação de cargas sobre o metal.
- As Laminadoras fazem operações de laminação em que o metal passa por dois cilindros que giram em sentidos opostos, com a mesma velocidade. Assim a espessura do metal se reduz e aumenta sua largura e comprimento, o material sofre deformação plástica.
- As Trefiladoras fazem operações de trefilamento, produzem materiais como fios elétricos de cobre ou alumínio e cabos e arames de aço.
- As Bancas para extrusão a partir de uma operação de compressão produzem tubos, barras e perfis.

## **ANEXO 2 – DESCRIÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO CNAE 2.0 PARA A INDÚSTRIA DE MÁQUINAS-FERRAMENTA (CNAE 28.4 – Fabricação de Máquinas-ferramenta)**

Conforme IBGE (2007a), esta classe de empresas compreende:

- a fabricação de máquinas-ferramenta para trabalhar metais;
- a fabricação de máquinas-ferramenta para trabalhar madeira, pedra, borracha endurecida, plástico endurecido, vidro a frio, etc;
- a fabricação de máquinas-ferramenta para estampar, tornear, fresar, retificar, prensar (prensas hidráulicas), cortar, forjar, etc;
- a fabricação de máquinas-ferramenta de comando numérico ou que integrem várias fases do trabalho;
- a fabricação de máquinas-ferramenta para trabalhar mediante raio laser;
- a fabricação de máquinas de solda que utilizem raio laser, impulsos magnéticos, etc
- a fabricação de ferramentas manuais elétricas (furadeiras, lixadeiras, politrizes, serras, etc.) e de funcionamento com ar comprimido;
- a fabricação de máquinas-ferramenta não-elétricas.
- a fabricação de peças e acessórios para máquinas-ferramenta (mandris, porta-ferramentas, etc.);
- a instalação, manutenção e reparação de máquinas-ferramenta, quando executadas pelo fabricante

Esta classe não compreende:

- a fabricação de acessórios intercambiáveis para ferramentas manuais, mecânicas e para máquinas-ferramenta (brocas, pontas, punções, fresas, placas e acessórios similares);
- a fabricação de máquinas utilizadas para fundição e outras específicas à indústria metalúrgica básica;
- a manutenção e reparação de máquinas-ferramenta, quando executadas por empresa especializada;
- a instalação de máquinas-ferramenta, quando executada por empresa especializada.

### ANEXO 3 – LISTA DE MÁQUINAS-FERRAMENTA COM BASE NA NOMENCLATURA COMUM DO MERCOSUL (NCM), CONSIDERADAS PARA AS ESTATÍSTICAS DE COMÉRCIO EXTERIOR

As estatísticas de comércio exterior do segmento de máquinas-ferramenta foram construídas com base na posição da Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM), de 04/07/2008 – atualizada até a Resolução Camex Nº 38, de 03/07/2008, disponível pelo MDIC/SECEX. Segue a seguir, a lista de produtos considerada:

NCM	DESCRIÇÃO DO PRODUTO
<b>84.56</b>	<b>Máquinas-ferramentas que trabalhem por eliminação de qualquer matéria, operando por “laser” ou por outro feixe de luz ou de fótons, por ultra-som, por eletroerosão, por processos eletroquímicos, por feixes de elétrons, por feixes iônicos ou por jato de plasma.</b>
8456.10	-Operando por "laser" ou por outros feixes de luz ou de fótons
8456.10.1	De comando numérico
8456.10.11	Para corte de chapas metálicas de espessura superior a 8mm
8456.10.19	Outras
8456.10.90	Outras
8456.20	-Operando por ultra-som
8456.20.10	De comando numérico
8456.20.90	Outras
8456.30	-Operando por eletroerosão
8456.30.1	De comando numérico
8456.30.11	Para texturizar superfícies cilíndricas
8456.30.19	Outras
8456.30.90	Outras
8456.90.00	-Outras
<b>84.57</b>	<b>Centros de usinagem, máquinas de sistema monostático (“single station”) e máquinas de estações múltiplas, para trabalhar metais.</b>
8457.10.00	-Centros de usinagem
8457.20	-Máquinas de sistema monostático ("single station")
8457.20.10	De comando numérico
8457.20.90	Outras
8457.30	-Máquinas de estações múltiplas
8457.30.10	De comando numérico
8457.30.90	Outras
<b>84.58</b>	<b>Tornos (incluídos os centros de torneamento) para metais.</b>
8458.1	-Tornos horizontais:
8458.11	--De comando numérico
8458.11.10	Revólver
8458.11.9	Outros
8458.11.91	De 6 ou mais fusos porta-peças
8458.11.99	Outros
8458.19	--Outros
8458.19.10	Revólver
8458.19.90	Outros
8458.9	-Outros tornos:
8458.91.00	--De comando numérico
8458.99.00	--Outros

NCM	DESCRIÇÃO DO PRODUTO
<b>84.59</b>	<b>Máquinas-ferramentas (incluídas as unidades com cabeça deslizante) para furar, mandrilar, fresar ou roscar interior e exteriormente metais, por eliminação de matéria, exceto os tornos (incluídos os centros de torneamento) da posição 84.58.</b>
8459.10.00	-Unidades com cabeça deslizante
8459.2	-Outras máquinas para furar:
8459.21	--De comando numérico
8459.21.10	Radiais
8459.21.9	Outras
8459.21.91	De mais de um cabeçote mono ou multifuso
8459.21.99	Outras
8459.29.00	--Outras
8459.3	-Outras mandriladoras-fresadoras:
8459.31.00	--De comando numérico
8459.39.00	--Outras
8459.40.00	-Outras máquinas para mandrilar
8459.5	-Máquinas para fresar, de console:
8459.51.00	--De comando numérico
8459.59.00	--Outras
8459.6	-Outras máquinas para fresar:
8459.61.00	--De comando numérico
8459.69.00	--Outras
8459.70.00	-Outras máquinas para roscar interior ou exteriormente
<b>84.60</b>	<b>Máquinas-ferramentas para rebarbar, afiar, amolar, retificar, brunir, polir ou realizar outras operações de acabamento em metais ou ceramais ("cermets") por meio de mós, de abrasivos ou de produtos polidores, exceto as máquinas de cortar ou acabar engrenagens da posição 84.61.</b>
8460.1	-Máquinas para retificar superfícies planas, cujo posicionamento sobre qualquer dos eixos pode ser estabelecido com precisão de pelo menos 0,01mm:
8460.11.00	--De comando numérico
8460.19.00	--Outras
8460.2	-Outras máquinas para retificar, cujo posicionamento sobre qualquer dos eixos pode ser estabelecido com precisão de pelo menos 0,01mm:
8460.21.00	--De comando numérico
8460.29.00	--Outras
8460.3	-Máquinas para afiar:
8460.31.00	--De comando numérico
8460.39.00	--Outras
8460.40	-Máquinas para brunir
8460.40.1	De comando numérico
8460.40.11	Brunidoras para cilindros de diâmetro inferior ou igual a 312mm
8460.40.19	Outras
8460.40.9	Outras
8460.40.91	Brunidoras para cilindros de diâmetro inferior ou igual a 312mm
8460.40.99	Outras
8460.90	-Outras
8460.90.1	De comando numérico
8460.90.11	De polir, com cinco ou mais cabeças e porta -peças rotativo
8460.90.12	De esmerilhar, com duas ou mais cabeças e porta-peças rotativo
8460.90.19	Outras
8460.90.90	Outras

NCM	DESCRIÇÃO DO PRODUTO
<b>84.61</b>	<b>Máquinas-ferramentas para aplainar, plainas-limadoras, máquinas-ferramentas para escatelar, brochar, cortar ou acabar engrenagens, serrar, seccionar e outras máquinas-ferramentas que trabalhem por eliminação de metal ou de ceramais ("cermets"), não especificadas nem compreendidas em outras posições.</b>
8461.20	-Plainas-limadoras e máquinas para escatelar
8461.20.10	Para escatelar
8461.20.90	Outras
8461.30	-Máquinas para brochar
8461.30.10	De comando numérico
8461.30.90	Outras
8461.40	-Máquinas para cortar ou acabar engrenagens
8461.40.10	De comando numérico
8461.40.9	Outras
8461.40.91	Redondeadoras de dentes
8461.40.99	Outras
8461.50	-Máquinas para serrar ou seccionar
8461.50.10	De fitas sem fim
8461.50.20	Circulares
8461.50.90	Outras
8461.90	-Outras
8461.90.10	De comando numérico
8461.90.90	Outras
<b>84.62</b>	<b>Máquinas-ferramentas (incluídas as prensas) para forjar ou estampar, martelos, martelos-pilões e martinets, para trabalhar metais; máquinas-ferramentas (incluídas as prensas) para enrolar, arquear, dobrar, endireitar, aplanar, cisalhar, puncionar ou chanfrar metais; prensas para trabalhar metais ou carbonetos metálicos, não especificadas acima.</b>
8462.10	-Máquinas (incluídas as prensas) para forjar ou estampar, martelos, martelos-pilões e martinets
8462.10.1	De comando numérico
8462.10.11	Máquinas para estampar
8462.10.19	Outras
8462.10.90	Outras
8462.2	-Máquinas (incluídas as prensas) para enrolar, arquear, dobrar, endireitar ou aplanar:
8462.21.00	--De comando numérico
8462.29.00	--Outras
8462.3	-Máquinas (incluídas as prensas) para cisalhar, exceto as máquinas combinadas de puncionar e cisalhar:
8462.31.00	--De comando numérico
8462.39	--Outras
8462.39.10	Tipo guilhotina
8462.39.90	Outras
8462.4	-Máquinas (incluídas as prensas) para puncionar ou para chanfrar, incluídas as máquinas combinadas de puncionar e cisalhar:
8462.41.00	--De comando numérico
8462.49.00	--Outras
8462.9	-Outras:
8462.91	--Prensas hidráulicas
8462.91.1	De capacidade igual ou inferior a 35.000kN
8462.91.11	Para moldagem de pós metálicos por sinterização
8462.91.19	Outras
8462.91.9	Outras
8462.91.91	Para moldagem de pós metálicos por sinterização
8462.91.99	Outros
8462.99	--Outras
8462.99.10	Prensas para moldagem de pós metálicos por sinterização
8462.99.20	Prensas para extrusão
8462.99.90	Outras

NCM	DESCRIÇÃO
<b>84.63</b>	<b>Outras máquinas-ferramentas para trabalhar metais ou ceramais ("cermets"), que trabalhem sem eliminação de matéria.</b>
8463.10	-Bancas para estirar barras, tubos, perfis, fios ou semelhantes
8463.10.10	Para estirar tubos
8463.10.90	Outros
8463.20	-Máquinas para fazer roscas internas ou externas por laminagem
8463.20.10	De comando numérico
8463.20.9	Outras
8463.20.91	De pente plano, com capacidade de produção superior ou igual a 160 unidades por minuto, de diâmetro de rosca compreendido entre 3mm e 10mm
8463.20.99	Outras
8463.30.00	-Máquinas para trabalhar arames e fios de metal
8463.90	-Outras
8463.90.10	De comando numérico
8463.90.90	Outras
<b>84.64</b>	<b>Máquinas-ferramentas para trabalhar pedra, produtos cerâmicos, concreto, fibrocimento ou matérias minerais semelhantes, ou para o trabalho a frio do vidro.</b>
8464.10.00	-Máquinas para serrar
8464.20	-Máquinas para esmerilar ou polir
8464.20.10	Para vidro
8464.20.2	Para cerâmica
8464.20.21	De polir placas, para pavimentação ou revestimento, com oito ou mais cabeças
8464.20.29	Outras
8464.20.90	Outras
8464.90	-Outras
8464.90.1	Para vidro
8464.90.11	De comando numérico, para retificar, fresar e perfurar
8464.90.19	Outras
8464.90.90	Outras
<b>84.65</b>	<b>Máquinas-ferramentas (incluídas as máquinas para pregar, grampear, colar ou reunir por qualquer outro modo) para trabalhar madeira, cortiça, osso, borracha endurecida, plásticos duros ou matérias duras semelhantes.</b>
8465.10.00	-Máquinas-ferramentas capazes de efetuar diferentes tipos de operações sem troca de ferramentas
8465.9	-Outras:
8465.91	--Máquinas de serrar
8465.91.10	De fita sem fim
8465.91.20	Circulares
8465.91.90	Outras
8465.92	--Máquinas para desbastar ou aplainar; máquinas para fresar ou moldurar
8465.92.1	De comando numérico
8465.92.11	Fresadoras
8465.92.19	Outras
8465.92.90	Outras
8465.93	--Máquinas para esmerilar, lixar ou polir
8465.93.10	Lixadeiras
8465.93.90	Outras
8465.94.00	--Máquinas para arquear ou para reunir
8465.95	--Máquinas para furar ou escatelar
8465.95.1	De comando numérico
8465.95.11	Para furar
8465.95.12	Para escatelar
8465.95.9	Outras
8465.95.91	Para furar
8465.95.92	Para escatelar
8465.96.00	--Máquinas para fender, seccionar ou desenrolar
8465.99.00	--Outras

<b>84.66</b>	<b>Partes e acessórios reconhecíveis como exclusiva ou principalmente destinados às máquinas das posições 84.56 a 84.65, incluídos os porta-peças e porta-ferramentas, as feiras de abertura automática, os dispositivos divisores e outros dispositivos especiais, para máquinas-ferramentas; porta-ferramentas para ferramentas manuais de todos os tipos.</b>
8466.10.00	-Porta-ferramentas e feiras de abertura automática
8466.20	-Porta-peças
8466.20.10	Para tornos
8466.20.90	Outros
8466.30.00	-Dispositivos divisores e outros dispositivos especiais, para máquinas-ferramentas
8466.9	-Outros:
8466.91.00	--Para máquinas da posição 84.64
8466.92.00	--Para máquinas da posição 84.65
8466.93	--Para máquinas das posições 84.56 a 84.61
8466.93.1	Para máquinas da posição 84.56
8466.93.11	Para máquinas da subposição 8456.20
8466.93.19	Outras
8466.93.20	Para máquinas da posição 84.57
8466.93.30	Para máquinas da posição 84.58
8466.93.40	Para máquinas da posição 84.59
8466.93.50	Para máquinas da posição 84.60
8466.93.60	Para máquinas da posição 84.61
8466.94	--Para máquinas das posições 84.62 ou 84.63
8466.94.10	Para máquinas da subposição 8462.10
8466.94.20	Para máquinas das subposições 8462.21 ou 8462.29
8466.94.30	Para prensas para extrusão
8466.94.90	Outras

**ANEXO 4 – DESEMPENHO DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS-FERRAMENTA NO BRASIL PARA O PERÍODO 1999-2006**

**TABELA 4A – Evolução do Valor Bruto da Produção Industrial (VBP), do Valor de Transformação Industrial (VTI) e da razão VTI/VBP (1999-2006)**

Setor CNAE	Ano	Valor bruto da	Valor de	VTI/VBP
		produção industrial - VBP	transformação industrial - VTI	
		(1 000 R\$)	(1 000 R\$)	%
Setor de Máquinas e Equipamentos	1999	24 523 913	12 122 782	49,0
	2000	25 896 325	12 153 329	46,9
	2001	31 925 758	14 669 526	45,9
	2002	33 429 088	15 339 156	45,9
	2003	37 496 105	16 342 341	43,6
	2004	40 343 387	17 242 179	42,7
	2005	38 496 377	15 862 178	41,2
	2006	40 339 407	16 982 639	42,1
Segmento de Máquinas-ferramenta	1999	1 010 942	552 529	54,7
	2000	1 163 124	602 645	51,8
	2001	1 325 193	655 199	49,4
	2002	1 246 664	638 209	51,2
	2003	1 681 132	833 455	49,6
	2004	1 499 503	739 699	49,3
	2005	1 646 085	777 148	47,2
	2006	1 657 616	823 129	49,7

Fonte: Elaboração própria a partir da Pesquisa Industrial Anual/IBGE.

Nota: VBP e VTI a preços constantes de 2000, deflacionado pelo IPA-OG (IPEADATA)

**TABELA 4B – Evolução do Consumo Interno e da Exportação de Partes, peças, acessórios e outros componentes para Máquinas-ferramenta (2000-2006)**

Ano	Importação	Vendas Totais	Exportação	Vendas Internas	Consumo Aparente	Coefficiente de Importação (%)
		(1 000 R\$)				
2000	91.492	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a
2001	92.189	52.754	15.527	37.227	129.416	71,2
2002	73.472	42.457	14.365	28.092	101.564	72,3
2003	76.414	43.890	18.077	25.813	102.227	74,7
2004	92.849	53.093	20.977	32.116	124.965	74,3
2005	114.991	87.949	31.611	56.337	171.328	67,1
2006	111.446	110.423	24.912	85.511	196.957	56,6

Fonte: Elaboração própria a partir de SECEX/MDIC e Pesquisa Industrial Anual/IBGE (PIA Produto). Nota: As vendas internas foram estimadas pela diferença entre as vendas totais (fornecidas pela PIA Produto) e as exportações (fornecidas pelo SECEX). O Consumo Aparente é a soma das vendas internas com as importações. O Coeficiente de Importação é a relação (Importação/Consumo Aparente)

**TABELA 4C – Evolução da Taxa de Crescimento das Importações brasileiras de Partes, peças, acessórios e outros componentes para Máquinas-ferramenta e a Relação entre o VTI e o VBP para a indústria de Máquinas-ferramenta no Brasil (2000-2006)**

Ano	Taxa Anual de Crescimento das Importações (%)	VTI/VBP (%)
2000	-	51,81
2001	0,76	49,4
2002	-20,30	51,2
2003	4,00	49,6
2004	21,51	49,3
2005	23,85	47,2
2006	-3,08	49,7

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da SECEX/MDIC e da Pesquisa Industrial Anual/IBGE.

**TABELA 4D – Evolução do Valor de Transformação Industrial, do Pessoal Ocupado e da Produtividade (1999-2006)**

Setor	Ano	Pessoal Ocupado	Valor de Transformação Industrial - VTI (mil R\$)	Produtividade (mil R\$/funcionário)	Crescimento VTI	Crescimento Pessoal Ocupado	Crescimento Produtividade
Máquinas e Equipamentos	1999	254 159	12 122 782	47,70	--	--	--
	2000	266 977	12 153 329	45,52	0,3%	5,0%	-4,6%
	2001	286 308	14 669 526	51,24	20,7%	7,2%	12,6%
	2002	293 513	15 339 156	52,26	4,6%	2,5%	2,0%
	2003	317 853	16 342 341	51,41	6,5%	8,3%	-1,6%
	2004	348 125	17 242 179	49,53	5,5%	9,5%	-3,7%
	2005	337 085	15 862 178	47,06	-8,0%	-3,2%	-5,0%
	2006	357 744	16 982 639	47,47	7,1%	6,1%	0,9%
Taxa de Crescimento Acumulado		-	-	-	40,1%	40,8%	-0,5%
Taxa de Crescimento Médio		-	-	-	4,9%	5,0%	-0,1%
Máquinas-ferramenta	1999	11 934	552 529	46,30	--	--	--
	2000	14 461	602 645	41,67	8,7%	0,2%	8,5%
	2001	14 488	655 199	45,22	8,7%	0,2%	8,5%
	2002	13 863	638 209	46,04	-2,6%	-4,3%	1,8%
	2003	16 245	833 455	51,31	30,6%	17,2%	11,4%
	2004	14 124	739 699	52,37	-11,2%	-13,1%	2,1%
	2005	15 598	777 148	49,82	5,1%	10,4%	-4,9%
	2006	16 897	823 129	48,71	5,9%	8,3%	-2,2%
Taxa de Crescimento Acumulado		-	-	-	48,5%	17,1%	26,9%
Taxa de Crescimento Médio		-	-	-	5,8%	2,3%	3,5%

Fonte: Pesquisa Industrial Anual, IBGE.

Nota: VTI e produtividade a preços constantes de 2000, deflacionado pelo IPA-OG (IPEADATA). A taxa de crescimento médio é calculada pela média geométrica do período 1999-2006.

**Tabela 4E – Evolução do Faturamento das Empresas, do Consumo Interno e das Exportações no Segmento de Máquinas-ferramenta (1999-2006)**

Ano	Exportação (1000 R\$)	Importação (1000 R\$)	Faturamento (1000 R\$)	Vendas Internas (1000 R\$)	Consumo Aparente (1000 R\$)	Vendas Internas (% Faturamento)	Exportação (% Faturamento)	Vendas (% Consumo Aparente)	Importação (% Consumo Aparente)
1999	220 798	1 362 009	1 048 394	827 596	2 189 606	78,9	21,1	37,8	62,2
2000	271 408	876 636	1 209 237	937 829	1 814 465	77,6	22,4	51,7	48,3
2001	305 683	1 378 483	1 378 959	1 073 276	2 451 758	77,8	22,2	43,8	56,2
2002	326 129	1 272 276	1 322 900	996 771	2 269 047	75,3	24,7	43,9	56,1
2003	444 121	1 251 158	1 783 605	1 339 484	2 590 642	75,1	24,9	51,7	48,3
2004	582 069	1 354 907	1 552 337	970 267	2 325 175	62,5	37,5	41,7	58,3
2005	603 840	1 652 580	1 717 154	1 113 314	2 765 894	64,8	35,2	40,3	59,7
2006	392 116	1 490 703	1 795 910	1 403 794	2 894 497	78,2	21,8	48,5	51,5

Fonte: Pesquisa Industrial Anual/IBGE (PIA Empresa) e SECEX/MDIC (em R\$, pelo taxa média de câmbio comercial para venda em cada ano)

Nota: Como Faturamento considera-se a Receita Líquida de Vendas fornecida pela PIA Empresa. As vendas internas foram estimadas pela diferença entre a Receita Líquida de Vendas (fornecidas pela PIA Empresa) e as exportações (fornecidas pelo SECEX). O Consumo Aparente é a soma das vendas internas com as importações. O Coeficiente de Importação é a relação (Importação/Consumo Aparente)

**ANEXO 5 – RELAÇÃO DE MÁQUINAS-FERRAMENTA COM BASE NA LISTA DE PRODUTOS E SERVIÇOS INDUSTRIAIS – PRODLIST INDÚSTRIA 2006<sup>60</sup> - E CORRESPONDÊNCIA COM A NOMENCLATURA COMUM DO MERCOSUL**

<b>PRODLIST</b>	<b>Descrição</b>	<b>NCM</b>
2940.0040	Centros de usinagem para trabalhar metais	8457.10
2940.0050	Dispositivos divisores para máquinas-ferramenta	8466.30
2940.0090	Mandriladoras-fresadoras de metais	8459.3 + .4 + .5 + .6
2940.0100	Máquina-ferramenta a "laser"	8456.10
2940.0110	Máquinas-ferramenta a eletro-erosão	8456.30
2940.0120	Máquinas-ferramenta a ultra-som	8456.20
2940.0145	Máquinas-ferramenta operando por processos eletroquímicos, etc.	8456.91 + 8456.99
2940.0150	Máquinas-ferramenta para trabalhar metais, com eliminação de material (para abrir roscas, ou trabalhar arames e fio, etc.)	8459.70.00
2940.0175	Máquinas-ferramenta para afiar, rebarbar, brunir, polir ou para outros acabamentos em metais	8460.3 + 8460.90
2940.0200	Máquinas-ferramenta (incluídas as prensas) para forjar, estampar ou embutir metais	8462.1
2940.0225	Máquinas-ferramenta para aplainar, cortar ou acabar engrenagens e outras que trabalhem por eliminação de metal	8461
2940.0230	Máquinas-ferramenta para furar	8459.10 +.2
2940.0250	Máquinas-ferramenta para moldar baquelite à quente	8465
2940.0260	Máquinas-ferramenta para puncionar ou chanfrar, enrolar, arquear, cisalhar	8462.2 + .3 + .4
2940.0270	Máquinas-ferramenta para retífica	8460.1 + .2
2940.0290	Máquinas-ferramenta para serrar, polir, esmerilhar ou fresar pedra, cerâmicos, concreto, etc.; inclusive para trabalhar à frio em vidro	8464
2940.0320	Máquinas-ferramenta para trabalhar madeira e cortiça	8465 + 8479.30
2940.0345	Máquinas-ferramenta para trabalhar metais, sem eliminação de material (para abrir roscas, trabalhar arames e fio, etc.)	8463.10 + .20 + .30 +.90
2940.0360	Máquinas de sistema monostático; máquinas de estações múltiplas para trabalhar metais	8457.20 + .30
2940.0490	Partes, peças e acessórios para máquinas-ferramenta para trabalhar metais	8466.93 + .94
2940.0500	Partes, peças e acessórios para máquinas-ferramenta, exceto para trabalhar metais	8466.91 + .92
2940.0510	Porta-ferramentas ou porta-pinças	8466.10 + .20
2940.0520	Prensas hidráulicas	8462.91
2940.0530	Prensas para extrusão; prensas para moldagem de pó metálico por sinterização	8462.99
2940.0570	Tornos	8458

<sup>60</sup> Disponível em <http://www.ibge.gov.br/concla>. Acesso em Maio de 2008. Esta estatística é utilizada para tabulação de dados da Pesquisa Industrial Anual – PRODUTO (PIA PRODUTO/IBGE), utilizada nas tabelas do Capítulo 3. A compatibilização desta com a NCM é importante para análise de dados de produção interna em comparação com os de comércio exterior.

## ANEXO 6 – PROPOSTA DE TIPOLOGIA DE MÁQUINAS-FERRAMENTA PARA O CASO BRASILEIRO

GRUPOS DE PRODUTOS (Tecnologia, uso e relevância econômica no Brasil)	Categoria no Prodlist - Indústria 2006
<b>Máquinas-ferramenta de Usinagem Não-convencional (Alta Tecnologia - padrão OCDE)</b>	Máquinas-ferramenta a <i>laser</i> Máquinas-ferramenta a eletro-erosão Máquinas-ferramenta a ultra-som Máquinas-ferramenta operando por processos eletroquímicos, etc.
<b>Centros de Usinagem e Máquinas de Estações Múltiplas</b>	Centros de usinagem para trabalhar metais Máquinas de sistema monostático; máquinas de estações múltiplas para trabalhar metais
<b>Prensas</b>	Prensas hidráulicas Prensas para extrusão; prensas para moldagem de pó metálico por sinterização Máquinas-ferramenta (Incluídas as prensas) para forjar, estampar ou embutir metais
<b>Tornos</b>	
<b>Outras Máquinas-ferramenta para usinagem (com eliminação de metal)</b>	Brunidoras Mandrilladoras-fresadoras de metais Máquinas-ferramenta operadas por eliminação de metal Máquinas-ferramenta para trabalhar metais, com eliminação de material (para abrir roscas ou trabalhar arames e fios, etc.) Máquinas-ferramenta para furar Máquinas-ferramenta para retífica Máquinas-ferramenta para serrar Máquinas-ferramenta para afiar, rebarbar, polir ou para outros acabamentos em metais Máquinas-ferramenta para fabricação de engrenagens
<b>Outras Máquinas-ferramenta para conformação (sem eliminação de metal)</b>	Bancas para esticar tubos, barras e perfis Máquinas-ferramenta para trabalhar metais, sem eliminação de material (para abrir roscas, trabalhar arames e fios, etc.) Máquinas-ferramenta para puncionar ou chanfrar, enrolar, arquear, cisalhar Máquinas-ferramenta para moldar baquelite à quente
<b>Máquinas-ferramenta para não-metálicos (pedra, cerâmica, concreto, madeira, etc.)</b>	Máquinas-ferramenta para serrar, polir, esmerilhar ou fresar pedra, cerâmicos, concreto, etc., inclusive para trabalhar à frio em vidro Máquinas-ferramenta para trabalhar madeira e cortiça
<b>Parte, acessórios e outros componentes para Máquinas-ferramenta</b>	Partes, peças e acessórios para máquinas-ferramenta para trabalhar metais Partes, peças e acessórios para máquinas-ferramenta, exceto para trabalhar metais Porta-ferramentas ou porta-pinças Dispositivos divisores para máquinas-ferramenta

## ANEXO 7 – LISTA DE MÁQUINAS NÃO-ELÉTRICAS CONSIDERADAS COMO DE ALTA TECNOLOGIA SEGUNDO A OCDE (HATZICHRONOGLU, 1997)<sup>61</sup>

Group	Code SITC	Title
8-		<b>NON-ELECTRICAL MACHINERY</b>
		71489+71499+71871+71877+71878+72847+73111+73131+73135+73142+73144+73151+73153+73161+73163+73165+73312+73314+73316+7359+73733+73735
8-1.	71489	Other gas turbines
8-2.	71499	Parts of gas turbines
8-3.	71871	Nuclear reactors
8-4.	71877	Fuel elements non-irradiated
8-5.	71878	Parts of nuclear reactors
8-6.	72847	Machinery and apparatus for isotopic separation
8-7.	7311-	Machine-tools working by laser or other light or photon beam, ultra-sonic, electro-discharge or electro-chemical processes
	<i>of which:</i> 73111	Operated by laser or other light or photon beam processes
	73112	Operated by ultra-sonic processes
	73113	Operated by electro-discharge processes
	73114	Operated by electro-chemical, electron beam, ionic-beam or plasma jet processes
8-8.	73131+73135+73142+73144+73151+73153+73161+73163+73165+73312+73314+73316+7359+73733+73735	Machine-tools, numerically controlled
8-8-1.	<i>of which:</i> 73131	Horizontal lathes, numerically controlled
8-8-2.	73135	Other lathes, numerically controlled
8-8-3.	73142	Other drilling machines, numerically controlled
8-8-4.	73144	Other boring-milling machines, numerically controlled
8-8-5.	73151	Milling machines, knee-type, numerically controlled
8-8-6.	73153	Other milling machines, numerically controlled
8-8-7.	73161	Flat-surface grinding machines, numerically controlled
8-8-8.	73163	Other grinding machines, numerically controlled
8-8-9.	73165	Sharpening machines, numerically controlled
8-8-10.	73312	Bending, folding, straightening or flattening machines, numerically controlled
8-8-11.	73314	Shearing machines, numerically controlled
8-8-12.	73316	Punching machines, numerically controlled
8-8-13.	7359-	Parts and accessories of 731-- and 733--
	<i>of which:</i> 73591	Parts and accessories of 731--
	73595	Parts and accessories of 733--
8-8-14.	73733	Machines and apparatus for resistance welding of metal, fully or partly automatic
8-8-15.	73735	Machines and apparatus for arc, including plasma arc welding of metal, fully or partly automatic

<sup>61</sup> Estas máquinas estão classificadas conforme *Standard International Trade Classification* (SITC). As máquinas de alta tecnologia puderam ser identificadas na PIA Produto (Prodlist Indústria 2006) e nos dados de comércio exterior da SECEX/MDIC (Nomenclatura Comum do Mercosul) pois há correspondência entre as três metodologias. As máquinas-ferramenta são identificadas a partir da categoria 8773111.

## ANEXO 8 – CONSUMO E EXPORTAÇÃO DE MÁQUINAS-FERRAMENTA NO BRASIL POR TIPO DE EQUIPAMENTO

**TABELA 8A – Vendas Totais de Máquinas-ferramenta por Tipo de Equipamentos no Período 2001-2006 (US\$)**

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
<b>Centros de Usinagem e Máquinas de Estações Múltiplas</b>							
	106.847,52	121.874,69	64.473,61	149.503,19	163.770,05	196.343,18	802.812,25
<b>Tornos</b>							
	78.638,16	61.343,23	69.268,26	105.046,21	140.078,03	149.474,84	603.848,74
<b>Outras MF para usinagem (eliminação de metal)</b>							
	42.743,61	4.456,61	29.452,90	30.669,38	67.159,82	180.149,03	354.631,36
<b>Prensas</b>							
	104.805,80	78.461,70	86.631,37	132.473,70	180.469,64	206.257,60	789.099,80
<b>Outras MF para deformação (sem eliminação)</b>							
	16.914,82	19.533,31	16.731,33	28.170,92	52.996,48	54.827,62	189.174,48
<b>MF de usinagem não-convencional</b>							
	0,00	0,00	0,00	0,00	2.182,15	28.910,64	31.092,79
<b>Partes, peças, acessórios e outros componentes para MF</b>							
	52.754,04	42.456,69	43.890,18	53.092,50	87.948,84	110.423,08	390.565,33
<b>Total</b>	<b>402.703,96</b>	<b>328.126,22</b>	<b>310.447,65</b>	<b>498.955,90</b>	<b>694.605,02</b>	<b>926.385,99</b>	<b>3.161.224,74</b>

Fonte: Elaboração própria a partir da PIA Produto.

**TABELA 8 B -Exportação de Máquinas-ferramenta por Tipo de Equipamentos no Período 2001-2006 (US\$)**

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
<b>Centros de Usinagem e Máquinas de Estações Múltiplas</b>	24.370,72	9.431,84	6.284,87	38.709,45	59.136,31	39.353,82	177.287,01
<b>Tornos</b>	18.653,38	19.404,48	2.987,04	12.958,20	16.970,98	23.307,95	94.282,03
<b>Outras MF para usinagem (eliminação de metal)</b>	5.089,42	4.184,30	33.403,93	3.885,55	6.505,87	10.511,95	63.581,00
<b>Prensas</b>	59.245,50	64.489,64	3.952,51	52.325,03	70.090,42	107.674,80	357.777,90
<b>Outras MF para deformação (sem eliminação)</b>	5.093,45	5.061,15	1.312,85	4.029,45	6.624,32	9.893,22	32.014,45
<b>MF de usinagem não-convencional</b>	993,86	676,07	37.085,86	1.216,55	921,85	830,53	41.724,72
<b>Partes, peças, acessórios e outros componentes para MF</b>	21.352,64	15.526,64	14.364,88	18.077,34	20.976,52	31.611,43	121.909,45
<b>Total</b>	134.798,96	118.774,11	99.391,94	131.201,58	181.226,27	223.183,70	888.576,55

Nota: Em alguns anos, foi detectada na categoria "MF de Usinagem não-convencional" incoerência entre os dados de exportação e os da PIA Produto, apesar de indicativos em IBGE (2004) de que os dados de SECEX e da PIA são comparáveis. Em conversas com técnicos do IBGE foi apontado como causa desta incompatibilidade a menor representatividade e a incipiência da produção deste grupo o que impacta em uma amostra reduzida, podendo acentuar certos erros estatísticos. De modo geral, os exercícios internos na instituição indicam que grande maioria das empresas exportadoras fazem parte da amostra da PIA.

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da SECEX/MDIC

**TABELA 8 C -Importação de Máquinas-ferramenta por Tipo de Equipamentos no Período 2001-2006 (US\$)**

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
<b>Centros de Usinagem e Máquinas de Estações Múltiplas</b>	45.052,62	53.534,55	39.667,20	53.060,22	64.319,43	85.743,32	341.377,34
<b>Tornos</b>	40.542,32	41.279,37	29.826,91	38.105,85	44.184,38	68.800,57	262.739,39
<b>Outras MF para usinagem (eliminação de metal)</b>	72.516,61	112.735,47	93.976,29	73.726,13	81.859,47	127.951,23	562.765,21
<b>Prensas</b>	28.929,87	62.307,54	43.686,14	20.973,26	28.427,29	66.509,89	250.833,99
<b>Outras MF para deformação (sem eliminação)</b>	70.403,66	97.898,73	63.703,00	47.645,77	54.196,23	96.069,46	429.916,86
<b>MF de usinagem não-convencional</b>	42.392,18	47.092,85	20.687,63	29.424,48	43.969,37	53.786,25	237.352,75
<b>Partes, peças, acessórios e outros componentes para MF</b>	91.491,94	92.188,56	73.471,86	76.414,06	92.849,37	114.990,85	541.406,64
<b>Total</b>	391.329,19	507.037,08	365.019,03	339.349,76	409.805,54	613.851,57	2.626.392,16

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da SECEX/MDIC

**TABELA 8 D –Participação das Vendas Internas de Máquinas-ferramenta sobre as Vendas Totais por Tipo de Equipamentos no Período 2001-2006 (%)**

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
<b>Centros de Usinagem e Máquinas de Estações Múltiplas</b>	0,77	0,92	0,90	0,74	0,64	0,80	0,78
<b>Tornos</b>	0,76	0,68	0,96	0,88	0,88	0,84	0,84
<b>Outras MF para usinagem (eliminação de metal)</b>	0,88	n.d.	n.d.	0,87	0,90	0,94	0,82
<b>Prensas</b>	0,43	0,18	0,95	0,61	0,61	0,48	0,55
<b>Outras MF para deformação (sem eliminação)</b>	0,70	0,74	0,92	0,86	0,88	0,82	0,83
<b>MF de usinagem não-convencional</b>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,58	0,97	0,94
<b>Partes, peças, acessórios e outros componentes para MF</b>	0,60	0,63	0,67	0,66	0,76	0,71	0,69
<b>Total</b>	0,67	0,64	0,80	0,74	0,74	0,76	0,73

Fonte: Elaboração própria a partir da PIA Produto e dados da SECEX/MDIC.

Nota: A baixa representatividade da produção de algumas categorias determinou uma incompatibilidade entre os dados da PIA e da SECEX o que impossibilitou o cálculo desagregado da participação das vendas internas sobre as vendas totais em certos anos.

**TABELA 8E – Participação das Importações no Consumo Interno de Máquinas-ferramenta por Tipo de Equipamento no período 2001-2006 (%)**

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total
<b>Centros de Usinagem e Máquinas de Estações Múltiplas</b>	0,35	0,32	0,41	0,32	0,38	0,35	0,35
<b>Tornos</b>	0,40	0,50	0,31	0,29	0,26	0,35	0,34
<b>Outras MF para usinagem (eliminação de metal)</b>	0,66	n.d.	n.d.	0,73	0,57	0,43	0,66
<b>Prensas</b>	0,39	0,82	0,35	0,21	0,20	0,40	0,37
<b>Outras MF para deformação (sem eliminação)</b>	0,86	0,87	0,81	0,66	0,54	0,68	0,73
<b>MF de usinagem não-convencional</b>	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,97	0,66	0,89
<b>Partes, peças, acessórios e outros componentes para MF</b>	0,74	0,77	0,71	0,69	0,58	0,59	0,67
<b>Total</b>	0,61	0,71	0,60	0,49	0,44	0,45	0,54

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da PIA Produto e da SECEX/MDIC.

Nota: A baixa representatividade da produção de algumas categorias determinou uma incompatibilidade entre os dados da PIA e da SECEX o que impossibilitou o cálculo desagregado da participação das vendas internas sobre as vendas totais em certos anos.

**TABELA 8F – Evolução e distribuição das Importações e Exportações de Tornos e Outra MF de Usinagem Convencionais ou Não-convencionais no período 2001-2006**

<b>IMPORTAÇÃO (mil US\$)</b>		2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total	% no Total
<b>Tornos</b>	Convencionais	3.516,16	2.488,72	2.425,62	5.048,71	12.130,95	33.377,41	58.987,56	16%
	Não-convencionais	22.553,03	18.080,06	27.000,37	33.070,22	44.624,51	170.022,10	315.350,29	84%
<b>Outras MF de Usinagem</b>									
	Convencionais	147.007,17	114.643,84	85.891,68	84.864,77	165.722,12	697.571,44	1.295.701,02	85%
	Não-Convencionais	36.017,86	29.429,27	15.845,91	5.851,04	17.663,91	121.838,65	226.646,64	15%
<b>EXPORTAÇÃO (mil US\$)</b>		2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total	% no Total
<b>Tornos</b>	Convencionais	5.498,14	441,52	2.263,83	4.335,30	2.652,69	2.204,85	17.396,32	19%
	Não-convencionais	13.132,69	2.454,16	10.344,47	12.200,49	20.325,38	18.024,80	76.481,98	81%
<b>Outras MF de Usinagem</b>									
	Convencionais	7.947,27	29.126,38	7.212,04	14.234,31	17.743,95	25.441,65	101.705,59	86%
	Não-Convencionais	2.510,89	6.214,01	1.499,62	588,01	2.679,15	2.896,12	16.387,80	14%

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da SECEX/MDIC

**TABELA 8G – Valor das Importações e Exportações de Máquinas-ferramenta por tipo de equipamento (US\$/Kg)**

	Importações	Exportações
<b>Centros de Usinagem e Máquinas de Estações Múltiplas</b>	<b>13,3</b>	<b>21,7</b>
Centros de usinagem para trabalhar metais	12,6	20,7
Máquinas de sistema monostático; máquinas de estações múltiplas para trabalhar metais	23,3	24,5
<b>Tornos</b>	<b>11,6</b>	<b>12,8</b>
<b>Outras MF para usinagem</b>	<b>10,7</b>	<b>13,9</b>
Brunidoras	38,9	37,0
Mandriladoras-fresadoras de metais	5,5	20,6
Máquinas-ferramenta operadas por eliminação de metal	18,8	22,5
Máquinas-ferramenta para trabalhar metais, com eliminação de material (para abrir roscas ou trabalhar arames e fios, etc.)	13,8	22,0
Máquinas-ferramenta para furar	6,1	15,3
Máquinas-ferramenta para retífica	21,2	12,0
Máquinas-ferramenta para serrar	13,4	7,7
Máquinas-ferramenta para afiar, rebarbar, polir ou para outros acabamentos em metais	12,9	16,4
Máquinas-ferramenta para fabricação de engrenagens	25,3	7,0
<b>Prensas</b>	<b>8,4</b>	<b>6,0</b>
<b>Outras MF para conformação</b>	<b>12,6</b>	<b>10,4</b>
Bancas para estirar tubos, barras e perfis	10,2	11,1
Máquinas-ferramenta para trabalhar metais, sem eliminação de material (para abrir roscas, trabalhar arames e fios, etc.)	16,3	20,8
Máquinas-ferramenta para puncionar ou chanfrar, enrolar, arquear, cisalhar	11,9	8,6
Máquinas-ferramenta para moldar baquelite à quente	-	-
<b>MF de Usinagem Não-convencional</b>	<b>30,6</b>	<b>14,5</b>
<b>Parte, Peças, Acessórios e outros componentes para MF</b>	<b>26,7</b>	<b>10,4</b>
<b>Total</b>	<b>13,3</b>	<b>9,4</b>

Fonte: Elaboração própria com dados da SECEX/MDIC

Nota: Como as categorias englobam diferentes tipos de produtos, o valor das importações e exportações não são comparáveis entre diferentes categorias.