

A difusão de máquinas-ferramenta com controle numérico no Brasil *

JOSÉ RICARDO TAUILE **

O texto estuda a difusão de máquinas-ferramenta com controle numérico (MFCN) no Brasil, mostrando quem as está usando e por que, quem as produz e por que razões o fazem, e quais os principais fatores a estimular e a dificultar o processo de difusão. Mostra-se como este processo é de natureza qualitativamente distinta se se incluir não apenas o uso de tais equipamentos, mas também a existência de capacitação para produzi-los e projetá-los localmente. São apresentados os principais resultados obtidos a partir dos questionários enviados a empresas usuárias e produtoras de MFCN, e a partir das visitas a várias dessas empresas na busca de padrões de comportamento e de suas motivações, frente à automação baseada na microeletrônica. Iniciativas governamentais de formulação e implementação de políticas pertinentes também são discutidas.

1 — Introdução

O estudo da difusão de máquinas-ferramenta com controle numérico (MFCN) no Brasil, dada a natureza da tecnologia e as características de seu processo de desenvolvimento econômico, está sujeito a uma série de considerações particulares. Não sendo um bem de consumo final, seu processo de difusão não deve seguir um padrão usual de difusão típica de ciclo do produto, ainda que possam existir semelhanças em alguns pontos.¹ Estamos tratando de um produto do setor de bens de capital que, por sinal, é usado (consumido) principalmente neste setor.² Como tal, não deve ser meramente considerado como um produto, mas também como um processo, localizado no cerne da reprodução estrutural de uma

* Agradecemos aos empresários, técnicos e trabalhadores que nos receberam, pela atenção, paciência e boa vontade com que nos transmitiram suas ricas experiências. Ressalvamos, também, que a responsabilidade sobre o conteúdo das linhas que se seguem é exclusivamente nossa.

** Do IEI/UFRJ.

¹ Sobre o conceito do "ciclo do produto", ver Vernon (1966).

² As MFCN são um produto típico do setor *Ia* do modelo tri-setorial de crescimento proposto por Lowe (1952).

economia industrial, conforme observa Arthur D. Little Inc. (1962, p. iii e p. 7):

... it establishes relations between things. It is an organization – a system which can take many different shapes or forms ... N/C is the missing link in the chain connecting automatic data handling to automatic machinery.

Enquanto se intensificava o processo de industrialização brasileira nos últimos 30 anos, as MFCN eram introduzidas e desenvolvidas nos países capitalistas industrializados até atingirem os altos níveis de difusão encontrados. Assim, enquanto o Brasil passava pela sua própria revolução industrial, com uma defasagem de mais de um século, os países capitalistas desenvolvidos já viviam uma nova revolução tecnológica. Nestes, entrava-se na era da informatização, onde a (micro) eletrônica era inclusive utilizada por outras indústrias para apoiar adequadamente a base técnica de um sistema que passava a internacionalizar a produção industrial. As MFCN são um produto característico deste processo, por vezes chamado inovação por invasão, e, como muitas outras técnicas, acabaram sendo também exportadas para dar suporte à produção voltada para atender à expansão do mercado mundial [ver Schon (1967) e Sonny (s.d.)].

As primeiras MFCN instaladas no Brasil datam do final dos anos 60, mas sua difusão aqui somente atingiu níveis significativos em meados dos anos 70. Ainda assim, este nível é razoavelmente baixo se comparado com aqueles já atingidos nos chamados países desenvolvidos, estimando-se que o nível de difusão no Brasil representa 1% daquele alcançado hoje nos Estados Unidos.³ Isto nos dá uma idéia de quão diferentes são as condições sócio-econômicas que permeiam nosso caso (se comparado com outros exemplos semelhantes que o precederam em outros países), mesmo considerando que o estudo foi feito enquanto o processo de difusão ainda estava em andamento e, provavelmente, ainda muito longe de seu ápice.

Neste sentido, diferenças quantitativas podem tornar-se diferenças qualitativas. A difusão de MFCN reflete a adoção de uma nova base técnica que estimula o crescimento econômico e transforma a produção social. O espectro de implicações deste processo de evolução tecnológica é muito amplo, e por isto Ray (1974) ressaltou a importância de pesquisas que:

... visam a uma análise mais direta do processo real de avanço tecnológico, e que estão preocupadas não meramente com quantificar sua contribuição para o crescimento econômico, mas também com entender mais sobre o processo de produção em si.

³ *The American Machinist* (1980) estimava a existência de mais de 60.000 MFCN em uso nos Estados Unidos.

Muitos estudos apontam o processo técnico, ou avanço tecnológico, como principal responsável pelo crescimento de produtos nacionais. Mas aqueles trazem também mudanças na estrutura social, devido à maneira como os agentes econômicos interagem [ver Solow (1957) e Hendrick (1961)]. Nós concordamos com Mansfield (1968) quando ele diz: apesar de que "... a mudança tecnológica resulta numa mudança da função de produção ... o processo de difusão ... é essencialmente um processo de aprendizado. Entretanto, ao invés de ser confinado a um laboratório de pesquisas ou a algumas poucas firmas, o processo de aprendizado ocorre entre um número considerável de usuários e produtores". [Mansfield (1968, p. 112)].

Usuários e produtores interagem no Brasil num mercado que é internacionalizado por meio de importações, da produção local feita por subsidiárias de empresas estrangeiras e até pelos padrões de produção internacional adotados pelos usuários locais.

Como consequência da dinâmica do capitalismo contemporâneo, tal mercado revela novas formas de poder econômico que não devem ser desprezadas. Por isto, não apenas o grau mas também o modo de transferência de tecnologia tornam-se importantes para nós. Existe uma assimetria entre os países mais desenvolvidos e os menos desenvolvidos, no que diz respeito à capacidade de gerar a tecnologia em si (produzir e projetar os novos equipamentos) e quanto à disponibilidade das respectivas qualificações operacionais. Isto reflete a inserção do país na divisão internacional de trabalho e mostra a natureza dependente (ou não) do processo de difusão.

Usualmente, como mostra Erber (1980), os estudos de difusão se diferenciam dos de dependência, pois:

... nestes, a especificidade histórica da situação periférica aparece no primeiro plano; naqueles, a situação dependente constitui o pano de fundo sobre o qual se desenrolam os processos de difusão. Enquanto a análise da dependência busca identificar o singular da condição brasileira em termos de desenvolvimento capitalista, a análise da difusão contribui para identificar o que há de comum no desenvolvimento capitalista brasileiro e o desenvolvimento dos países centrais... Um trabalho teórico ainda por fazer é o de tentar sintetizar as duas abordagens — trazer, por exemplo, na análise da difusão a especificidade da dependência ao primeiro plano, em outras palavras, ver a difusão pela ótica da dependência e vice-versa.

Procuraremos, ao longo do artigo, integrar estas duas abordagens, apesar de limitados pelo escopo do presente texto. Este se baseia no segundo capítulo de um outro trabalho mais amplo e abrangente que se constituiu na tese de Ph.D. do autor, defendida em abril de 1984, cujo terceiro capítulo "Microeletrônica e automação: implicações para

o trabalho e organização da produção no Brasil", foi publicado nesta revista, mais precisamente no Volume 14, Número 3, páginas 851-86, em dezembro de 1984.

O primeiro capítulo da tese contextua, teórica e historicamente, a automação com base na microeletrônica, e mostra que o processo de difusão de MFCN no Brasil ainda se encontra em seus estágios iniciais, principalmente se for comparado aos níveis de difusão nos Estados Unidos, no Japão e na Europa. Nos Estados Unidos havia um parque instalado de cerca de 60.000 MFCN, em 1980; no Japão eram mais de 25.000 em 1981 e, na Europa, considerando-se apenas a Alemanha Ocidental, a Itália, a França e a Inglaterra, já em 1978 havia mais de 30.000. Estima-se que o parque instalado no Brasil, em meados de 1985, seja de cerca de 1.600 MFCN (isto é, mais que o dobro em cinco anos), sendo mais da metade produzida no Brasil. O quarto capítulo trata especificamente das implicações para o desenvolvimento sócio-econômico brasileiro (percepção do processo pelos trabalhadores e empresários, posicionamento governamental, implicações sobre a atual divisão internacional do trabalho, condicionantes de recente crise da economia brasileira, etc.) que o leitor deste texto provavelmente sentirá falta de não vê-las tratadas e aprofundadas. No entanto, com a publicação da tese em forma de livro, em 1986, será possível um acesso mais generalizado à mesma e uma avaliação das informações e reflexões nela contidas.

Para identificar algumas das condições estruturais que envolvem o nosso caso de difusão, começaremos mostrando uma visão panorâmica do desenvolvimento histórico da indústria de máquinas-ferramenta no Brasil.

2 — Aspectos do desenvolvimento da indústria de máquinas-ferramenta no Brasil

Segundo Vidossich (1974), a origem da indústria de máquinas-ferramenta (IMF) no Brasil data do período 1930/39, como reação às amplas flutuações que ocorreram no mercado internacional de bens primários. Isto desencadeou os primeiros movimentos de substituição de importações, que logo foram reforçados pelas necessidades trazidas pela Segunda Guerra Mundial.⁴ As necessidades do período pós-guerra foram supridas, principalmente através de importações, enquanto que, de um modo geral, a produção nacional de máquinas-ferramenta era destinada à manutenção e reposição do estoque de capital.

⁴ Vidossich (1974) faz um breve mas útil resumo da história de máquinas-ferramenta no Brasil, no período.

É evidente que a cadeia de causalidade poderia ser estendida a períodos anteriores para mostrar que, como em outros países (os Estados Unidos, por exemplo), inicialmente não era identificável, em separado, um setor de máquinas-ferramenta na economia.⁵ No que nos concerne, basta lembrar que houve um processo de aprendizado, onde as máquinas importadas eram usadas como modelo para cópia, desenvolvimento e produção de outras máquinas-ferramenta. Composta principalmente de pequenas oficinas de reparos e manutenção, essa indústria nascente encontrava, às vezes, soluções engenhosas para algumas necessidades bastante complexas.

O período Kubitscheck (1956/61) marcou uma nova e mais intensa etapa de rápida industrialização. “50 anos em cinco” foi o lema da época. Foram criadas, então, facilidades de importação de máquinas, pois a indústria nacional de máquinas-ferramenta (IMF) ainda não estava preparada para suprir as necessidades do novo programa de desenvolvimento, além do fato de se deparar com um outro obstáculo, representado pela demanda específica das empresas estrangeiras, orientada para as máquinas importadas.⁶

Magalhães (1976a) acha que esta orientação depende até hoje fundamentalmente de três fatores: a) preferências nacionais; b) influência de marcas; e c) incentivos governamentais.⁷ Ele lembra também que em 1961 existiam 114 empresas produtoras de máquinas-ferramenta no Brasil e que, entre elas, estavam as três primeiras subsidiárias de empresas estrangeiras no setor, mas que:

Com exceção destas últimas, a tecnologia utilizada era inteiramente nacional (produtos concebidos quase que inteiramente dentro das próprias empresas) ou transferida através das importações (a tecnologia vinha incorporada nas máquinas importadas) (p. 18).

A industrialização acelerou-se ainda mais com o advento do regime militar em 1964, o qual criou as condições políticas e sócio-econômicas necessárias à intensa internacionalização da economia brasileira que se sucedeu a partir de então. A IMF concentrou-se e centralizou-se, o tamanho médio das firmas cresceu, o número destas diminuiu e a participação das subsidiárias estrangeiras aumentou. Em 1975, dentre aproximadamente 86 firmas que compunham o setor, 23 eram de propriedade do capital estran-

⁵ Rosenberg (1976, p. 12) mostra como este fenômeno ocorreu nos Estados Unidos.

⁶ Para uma visão mais detalhada do desenvolvimento e principais características do setor de máquinas-ferramenta no Brasil, no período, ver CEPAL (1962), Leff (1968) e Lago *et alii* (1979).

⁷ Magalhães (1976a, p. 17). Os mesmos conceitos são mostrados com mais detalhes em sua tese de mestrado (1976b, Parte 4).

geiro, sendo 19 alemãs, quatro italianas, uma japonesa e uma americana. Na opinião de Magalhães (1976a, p. 17):

Dentre os principais motivos para o interesse das empresas estrangeiras em instalar filiais e/ou associadas no Brasil, ressaltam-se as seguintes: a) possibilidades oferecidas pelo mercado brasileiro e dos outros países participantes da ALALC; b) estabilidade política; c) salários menores; d) necessidade de expansão das empresas estrangeiras; e e) incentivos governamentais. Atualmente podemos pensar no segmento como formado por três faixas distintas de produtores: a) empresas nacionais pequenas e médias, cuja produção, por ser menos sofisticada, se destina ... aos 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; c) empresas estrangeiras que, dadas as suas características e as suas vinculações, dirigem sua produção para os setores de ponta.

Esta associação entre a sofisticação dos equipamentos oferecidos pelas subsidiárias estrangeiras e a demanda dos setores mais dinâmicos da economia nos leva à noção de hiato tecnológico. Para Biato, Guimarães e Figueiredo (1971), pode ser feita uma distinção entre:

um "hiato absoluto", separando a tecnologia empregada internamente das últimas inovações mundiais ... (e) ... um "hiato relativo" correspondente ao desnível entre demanda interna e oferta interna de tecnologia.

Magalhães (1976a, pp. 18-21), por sua vez, distingue oferta interna de oferta nacional. Isto é, aquela feita por produtores locais e a realizada pelas firmas de capital nacional. Assim, mesmo que não houvesse diferença entre os graus de sofisticação das máquinas demandadas e oferecidas no Brasil, a mencionada participação de subsidiárias estrangeiras, como ofertantes no mercado interno, camuflaria o grau de suficiência tecnológica existente na economia.

Como vemos, podem-se distinguir os níveis de sofisticação de produtos encontrados nas fronteiras definidas por: i) mercado internacional de máquinas-ferramenta; ii) demanda do mercado brasileiro; iii) tecnologia ofertada internamente; iv) oferta das firmas nacionais; e v) oferta das subsidiárias estrangeiras. Passaremos agora à descrição e análise da difusão de MFCN no Brasil.

3 — A difusão do uso de MFCN no Brasil: ritmo e dimensões

As primeiras experiências com MFCN no Brasil datam do final dos anos 60, provavelmente 1967, segundo Machado (1979), ou 1968, conforme

Cardoso (1980). De acordo com os questionários que recebemos — enviamos 170 a possíveis usuários e recebemos de volta 97, dos quais 20 se declararam não-usuários do equipamento —, a mais antiga MFCN foi fabricada em 1966. Trata-se de uma fresadeira Kerney & Tracker, Milwaukee Matic II, com NC GE. Assim, chegamos à conclusão de que a introdução naquela década foi muito restrita, conforme se pode constatar a partir dos questionários citados, onde apenas três máquinas importadas foram registradas.

Para efeitos práticos, consideramos que a difusão começou em 1972, quando foram importadas 16 unidades. Como se pode ver na Tabela 1, provavelmente nenhuma foi importada em 1968 ou 1971, e apenas duas em 1970. Foi também em 1972 que a primeira MFCN fabricada aqui, foi vendida, qual seja, um torno convencional feito pela Romi, adaptado para funcionar com controle numérico, modelo DCE 480. Só em 1975 esta empresa veio a produzir outra MFCN, no caso um modelo novo e revisado e que foi comercializado subsequentemente.

Como se sabe, os três primeiros anos da década de 70 representaram o clímax do recente processo de crescimento econômico da economia brasileira. Um exemplo típico foi a indústria automobilística, setor líder da economia, que em 1973 expandiu sua capacidade em aproximadamente 70%. Já os setores produtores de bens de capital, de acordo com Tavares e Belluzo (1979):

No período 1971/73... atingem, em conjunto, uma taxa média de crescimento extraordinário de 30% ao ano... A partir de 1974, este setor conta com subsídios crescentes ao investimento e com projetos governamentais de dimensões gigantescas que lhe garantiriam encomendas por um longo período.

Foi em 1974 que o governo lançou o II Plano Nacional de Desenvolvimento, que objetivava manter o crescimento industrial através da substituição de importações de bens de capital e a produção de insumos básicos (petróleo, energia hidrelétrica, aço, petroquímica, etc). O plano era muito ambicioso e, entre outros objetivos, propunha um novo padrão de industrialização no qual os setores geradores de bens de produção deveriam liderar a expansão da economia brasileira.⁸ Estima-se que a capacidade do setor de bens de capital tenha mais do que dobrado, como consequência destes projetos de longo prazo, ao passo que a importação de MFCN continuava crescendo, especialmente a partir de 1974.

Nossa estimativa é de que existiam aproximadamente 698 MFCN em operação no Brasil em 1980, 40% dos quais eram tornos e 30% centros de usinagem. Entre os outros 30% estão incluídas 18 máquinas de deformação e um robô, que por sinal nunca entrou em operação industrial

⁸ Para uma interessante análise do II PND, ver Lessa (1978).

devido a problemas de manutenção (na construção do Gráfico 1, bem como em nossas demais estatísticas, deixamos de lado estas 19 máquinas por estarmos concentrados especificamente na questão da usinagem).⁹ Vale a pena lembrar que o estoque total de máquinas-ferramenta no Brasil em 1971, era de 307.565 e estimava-se que chegaria a 555.000 em 1980 [Vidossich (1974, p. 72)].

O Gráfico 1 mostra a evolução do estoque de MFCN no Brasil, medida anualmente. Note-se o aumento acentuado de importações a partir de 1974, marcando, como dissemos anteriormente, o princípio do processo de difusão a níveis significativos. Para a construção desse gráfico, consideramos o ano de fabricação das máquinas idêntico ao ano em que entraram em operação, mesmo correndo o risco de incorrer em um desvio menor.

Das quase 700 máquinas, aproximadamente 130 foram fabricadas aqui. Na Divisão de Comércio Exterior da CACEX pudemos obter, e posteriormente trabalhar, com dados primários para 273 MFCN, o que corresponde a praticamente à metade das máquinas importadas no período de 1972/79. No Gráfico 2 mostramos o crescimento do estoque e o ritmo de difusão das MFCN importadas no citado período (calculados a partir deste levantamento).

A Tabela 1 mostra a evolução das importações (calculadas também a partir dos dados primários da CACEX), sob a forma da distribuição percentual para o mesmo período. Esta evolução também é mostrada no Gráfico 2, através de uma linha tracejada e a Tabela 1 mostra, igualmente, o valor dos equipamentos importados, calculado em cruzeiros constantes de 1979.

A Tabela 2 mostra a origem dos equipamentos. Note-se que as firmas americanas são, de longe, os principais participantes do mercado brasileiro através de exportações diretas. Como analisaremos com maiores detalhes na última parte deste trabalho, estas empresas não parecem ter mostrado, entretanto, maior interesse em participar do mercado brasileiro através de investimento direto.

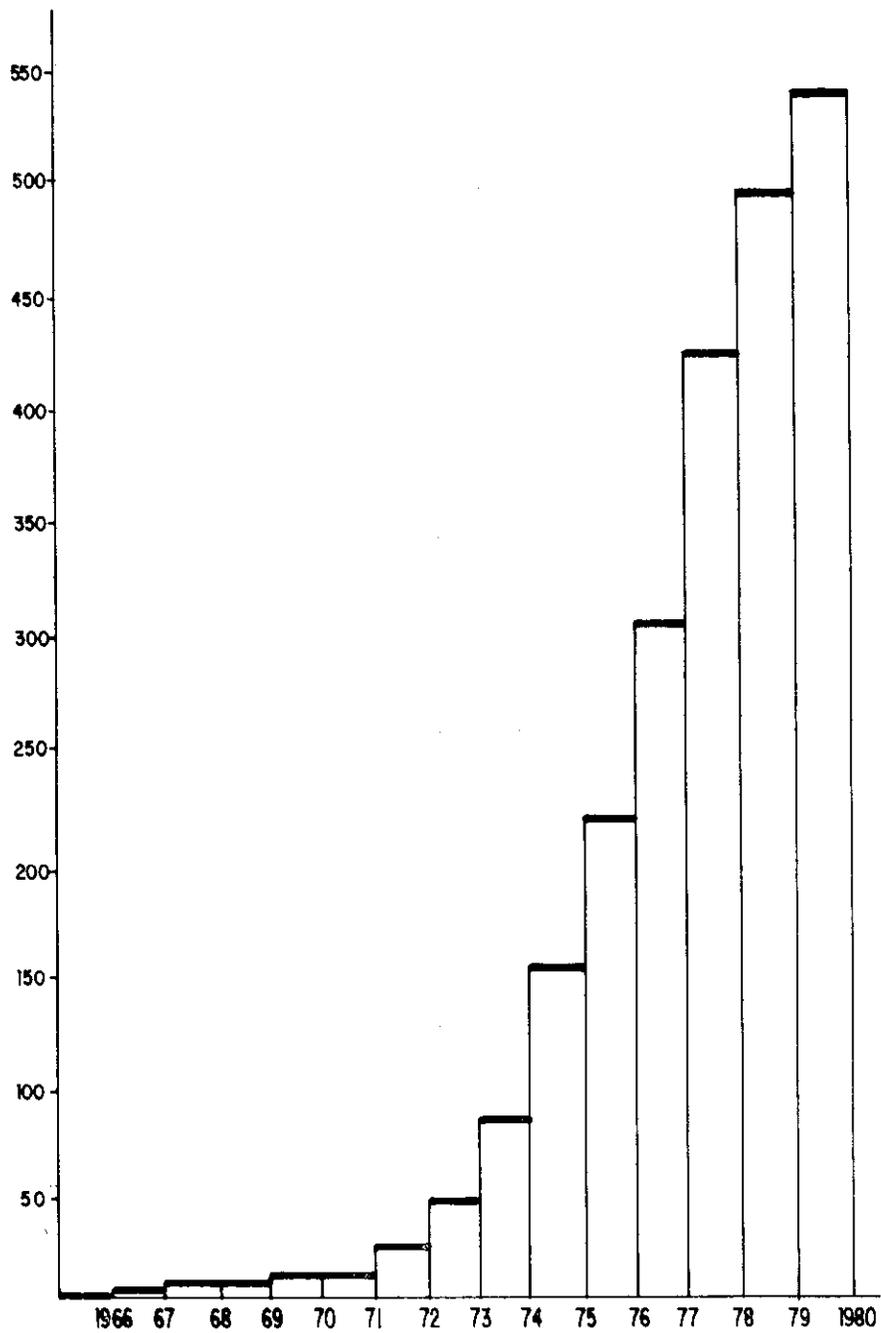
É interessante também notar o baixo nível de importações provenientes do Japão. Isto é particularmente curioso, tendo em vista o espetacular esforço de exportações de MFCN empreendido por aquele país na segunda metade da década de 70.¹⁰ Também parece não ter havido maior interesse por parte das empresas japonesas em investir no Brasil para

⁹ Nossa estimativa do total de MFCN instaladas no Brasil é baseada em diversas fontes diretas e indiretas, a saber: questionários respondidos pelos usuários; outras listas de equipamentos fornecidas por estes; listas de equipamentos vendidos pelos produtores locais; pesquisa direta feita junto aos arquivos da CACEX; e estimativas anteriores realizadas por Roberto Belisle, pela EMBRAMEC e pelos representantes comerciais.

¹⁰ As exportações de MFCN do Japão para os Estados Unidos foram de US\$ 43 milhões em 1976 e de US\$ 296 milhões em 1979, segundo a revista *Business Week*, de 16 de junho de 1980, p. 98.

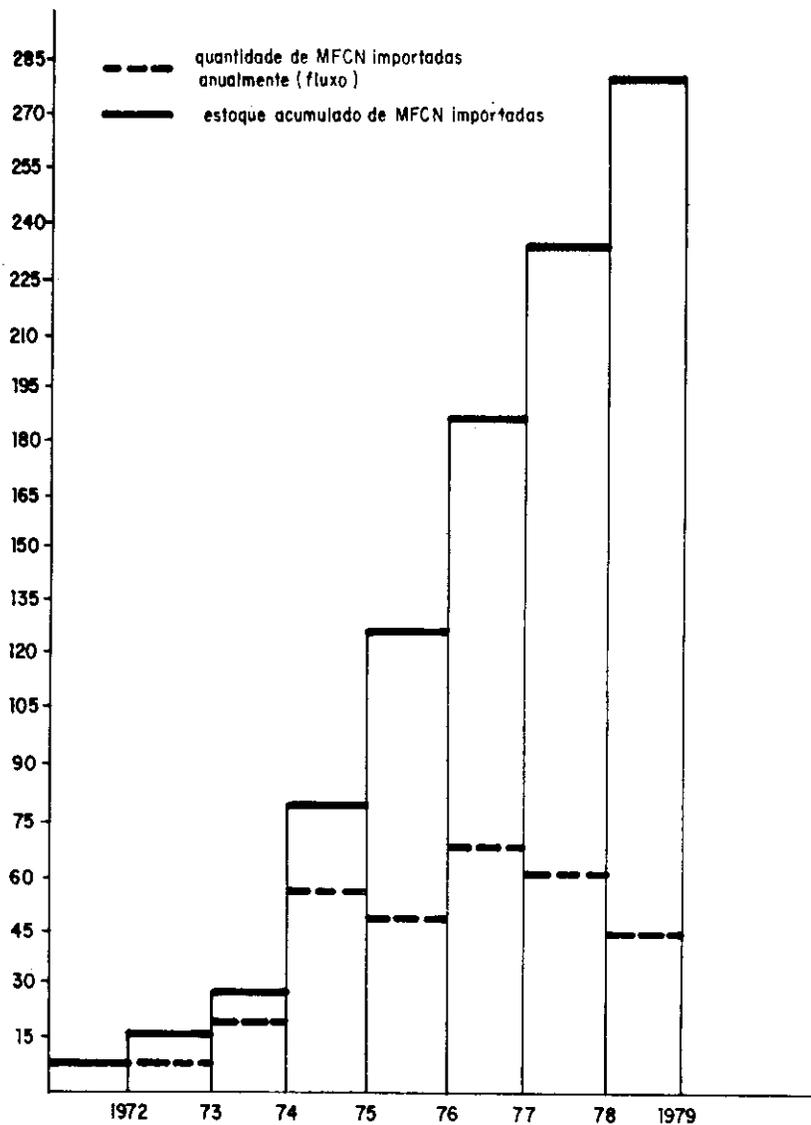
Gráfico 1

**EVOLUÇÃO DO ESTOQUE EM MFCN EM USO INDUSTRIAL
NO BRASIL ***



* 132 máquinas foram excluídas por não se ter seu ano de referência.

Gráfico 2
MFCN IMPORTADAS ENTRE 1972 E 1979 (EM UNIDADES) *



* De acordo com os dados das guias de importação encontradas na Cacex. Os números representam aproximadamente a metade das importações reais verificadas no período.

produzir aqui este tipo de equipamento. Antes, porém, de analisarmos mais detalhadamente a produção local de MFCN, vamos descrever alguns dos aspectos característicos de seus usuários no Brasil, segundo as respostas dos questionários que recebemos.

TABELA 1

Evolução do percentual anual de unidades importadas e do valor total das importações anuais de MFCN entre 1972 e 1979 (em cruzeiros constantes de 1979)

Ano	(%)	Cr\$ 1.000,00
1972	2,20	42.317,00
1973	2,20	46.174,00
1974	5,86	133.509,00
1975	18,68	452.771,00
1976	16,48	435.984,00
1977	21,62	994.025,00
1978	18,68	596.560,00
1979	14,28	599.666,00
Total	100,00	

OBS.: Calculou-se a cotação média do dólar a Cr\$ 25,90 em 1979.

TABELA 2

Origem das importações (percentual de unidades importadas anualmente no país)

País	1979	1978	1977	1976	1975	1974	1973	1972
Estados Unidos	48,7	47,0	49,2	48,8	47,1	50,0	100,0	50,0
República Federal da Alemanha	20,5	19,6	22,0	20,2	9,8	18,7	—	—
Japão	2,6	13,7	8,5	—	7,8	12,4	—	16,7
Itália	15,4	—	3,4	24,4	7,8	6,3	—	—
Suíça	7,6	5,9	11,8	2,2	23,5	6,3	—	—
Inglaterra	2,6	7,8	1,7	—	—	—	—	16,6
Áustria	2,6	—	1,7	—	—	—	—	—
Suécia	—	2,0	—	—	—	6,3	—	—
Bélgica	—	2,0	—	—	—	—	—	2,0
França	—	2,0	—	4,4	2,0	—	—	—
Hungria	—	—	1,7	—	—	—	—	—
República Democrática Alemã	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

4 — Padrões característicos do processo de difusão

Em relação à origem da propriedade do capital dos usuários, fizemos uma classificação segundo o pressuposto, de certo modo otimista, de que a empresa nacional seria caracterizável pelo controle de mais de 50% de suas ações pelo capital nacional. Identificamos 4% como institutos de pesquisa, 4% de empresas estatais, 14% como parte de conglomerados privados brasileiros e 61% de empresas privadas isoladas, num total de 38% controladas pelo capital nacional. 62% representam então a parcela de empresas de propriedade estrangeira. Destas, 32% são controladas por capital alemão, 28% americano, 11% sueco, 9% suíço, 6% japonês, 6% italiano, 4% francês, 2% inglês e 2% canadense.

Já em termos de tamanho das firmas usuárias, como se pode ver na Tabela 3, a classificação foi feita apenas considerando o número de empregados, pois a ausência ou a diversidade de datas de referência nos questionários não nos permitiu classificá-las quanto ao montante de seu capital ou à sua receita anual de vendas. As respostas que compilamos parecem confirmar a hipótese de Mansfield (1968, pp. 123-24):

Espera-se que as maiores firmas introduzam a nova técnica mais rapidamente que as menores ... Estudos empíricos substanciam a hipótese de que as maiores firmas são mais rápidas, na média, do que as pequenas para começar a usar novas técnicas.

As firmas mais propensas a usarem primeiro a nova tecnologia são as maiores, porque elas podem pagar os custos de aquisição, instalação, operação e manutenção, que são muito altos, pelo menos na fase inicial do processo de difusão, em qualquer país.

Gebhardt e Hatsold (1974) também verificaram que "a grande maioria das MFCN está instalada em empresas de porte grande e médio". Eles ainda explicam a presença de um número razoável de pequenas firmas entre os primeiros usuários de MFCN, por serem as mais voltadas para a produção de pequenos lotes.

TABELA 3

Distribuição de usuários por tamanho de empresas

Número de empregados	Mais de 1.000	Entre 1.000 e 500	Entre 500 e 100	Menos de 100
Percentual de firmas usuárias	42	24	22	7

Nossos resultados também sugerem a hipótese de que as corporações multinacionais devem liderar o processo de difusão, dada a internacionalização da produção capitalista. Por exemplo, 30% das firmas que responderam os questionários declararam que tomaram conhecimento da produção com MFCN através de suas matrizes ou acompanhando o mercado internacional de equipamentos e processos de manufatura. Deve-se mencionar, entretanto, que o maior usuário brasileiro é uma empresa nacional produtora de máquinas-ferramenta — inclusive MFCN.

Na verdade, verificamos que 87% dos usuários podem ser classificados como pertencentes ao setor de bens de capital. Mesmo quando, de acordo com seu principal produto final, os outros usuários não podem ser estritamente classificados neste setor (por exemplo, 5% eram produtores de bens de consumo final), as MFCN são usadas principalmente dentro de uma estrutura de produção integrada verticalmente, numa posição equivalente à que seria na indústria de bens de capital (na ferramentaria, etc.).

De acordo com a classificação a dois dígitos do IBGE, a informação recolhida nos questionários mostra que a maior incidência de usuários ocorre na indústria mecânica (66%), materiais de transporte (16,6%), metalurgia (7%), material elétrico (5%), e outros setores menos significativos (sendo que 4% se relacionavam aos institutos de pesquisa).

Quanto às razões para aquisição de MFCN, foram citados muitos aspectos. Inicialmente, cabe mencionar que, de um lado, a grande maioria das firmas indicou ter tomado a decisão de comprar máquinas baseadas em seus próprios estudos técnico-financeiros. De outro, porém, conforme percebemos em nossas visitas e entrevistas raros eram os casos em que houve estudos de acompanhamento para comparar o desempenho do novo equipamento com os métodos convencionais de produção anteriores. Este resultado não é uma surpresa. Vários autores já haviam notado que é difícil encontrar análise custo-benefício de uma inovação tecnológica.¹¹ Neste sentido, de acordo com Rattner *et alii* (1981), a redução de custos pelo uso de MFCN não é um fato garantido. Ela depende, por exemplo, da escala de produção. Do mesmo modo, produtividade e eficiência não são ganhos automáticos, havendo um limite (*threshold*) a partir do qual valeria a pena automatizar.

Mais do que isso, queremos lembrar que a eficiência da automação depende de fatores gerenciais e culturais. A intensidade e as formas dos conflitos sociais na sociedade e na produção em si, por exemplo, criam a necessidade de controle da força de trabalho e do processo de trabalho. Devido ao escopo deste estudo, novamente não nos será possível abordar estas questões ao longo do texto.

¹¹ Para Mansfield (1968, p. 124), "the higher the expected return from the new technique, the quicker it would be expected to be adopted ... Unfortunately, only partial data can be obtained regarding firms' profit expectation with respect to various techniques".

Uma ampla gama de razões estimulam as firmas a usar MFCN, podendo se destacar entre as principais (e múltiplas) encontradas nos questionários: requisitos de complexidade (77%), precisão das peças manufaturadas (69%), e redução de custo (59%). Foram mencionados também o controle do processo produtivo, a flexibilidade alcançada na produção de pequenos lotes diferentes, aumento do volume de produção, modernização de métodos e técnicas, redução das peças rejeitadas pelo controle de qualidade, barateamento de lotes-pilotos, entre outros. Como se pode ver, estas razões não são diferentes daquelas encontradas nos principais estudos sobre difusão de MFCN, realizados em outros lugares. Ver, por exemplo, Mansefield (1968), Gebhardt e Hatzold (1974), Rattner *et alii* (1981).

Nas entrevistas que realizamos, onde foi possível orientar mais objetivamente as questões e, conseqüentemente, obter respostas mais precisas, tornou-se claro que as principais vantagens decorrentes do uso de MFCN advêm de:

a) possibilidade de aumentar a eficiência e a rapidez na produção de pequenos lotes de peças bastante complexas e precisas, que devem ser repetidas com certa freqüência. Este resultado empírico é muito importante pois, de um ponto de vista puramente técnico, define o segmento da produção particularmente propício à aplicação de MFCN;

b) aumento do controle do processo de produção, tornando-se menos dependente da disposição ou da boa vontade de operadores de máquinas convencionais muito qualificados e freqüentemente militantes no seio da classe. Vale a pena observar que, curiosamente, este ponto foi mais explicitado por vendedores de MFCN em seus discursos de propaganda do produto do que propriamente por seus usuários;

c) redução do custo alcançado por unidade produzida. Na verdade, acreditamos que para este ponto converge, em última instância, a maioria das razões econômicas apresentadas, ainda que tal redução não seja facilmente quantificável.

Em muitos casos, ficou também evidente que a adoção da nova base técnica tinha a ver com os padrões internacionais de métodos de produção. Freqüentemente, usar MFCN é pelo menos uma necessidade, quando não mesmo uma vantagem, se a produção é destinada ao mercado internacional. (Ressalte-se aqui que ser internacional não é uma característica meramente geográfica do mercado; ele pode ser local e internacional ao mesmo tempo, sendo que a produção local por corporações multinacionais é um exemplo típico). Certos requisitos tecnológicos são hoje obrigatórios em indústrias como a aeronáutica, de equipamentos básicos, de bombas hidráulicas e de equipamentos de perfuração de petróleo, entre outros. Assim, a política governamental de pressionar o aumento do grau de nacionalização de muitos e variados produtos teve como uma das conse-

qüências a indução das firmas a usarem MFCN para produzirem aqui partes que antes eram importadas (a incidência de utilização de Befiex é grande entre os usuários).

5 — A produção de MFCN no Brasil

A produção local de MFCN é um outro fator que estimula o processo de difusão e, mais do que isso, muda a sua natureza. Difusão com e sem produção local são qualitativamente distintas uma da outra, pois a integração vertical do mercado e da indústria indica o grau de auto-suficiência tecnológica da economia.

A primeira tentativa de produzir MFCN no país, em 1971, encontrou dificuldades de, pelo menos, dois tipos: Um, representado pela limitação da demanda, uma vez que com o pequeno tamanho do mercado, a possível escala de produção era limitada. O outro, residia numa espécie de fator de confiança na capacidade local de gerar esta tecnologia, ainda inexistente na época. Embora o seu construtor fosse o maior fabricante nacional de máquinas-ferramenta — e, além disso, com tradição internacional —, o novo produto requeria todo um novo projeto mecânico (isto porque maiores velocidades e diferentes condições de trabalho implicam tolerâncias menores, diferentes interconexões entre as partes, outros níveis de resistência e atrito dos distintos materiais, etc.).

Além do mais, a máquina-ferramenta é interfaceada com um computador, que é produto de uma outra indústria mais nova e sofisticada tecnologicamente. Na verdade, é neste ponto que residia o principal estrangulamento. Isto porque não existia capacidade alguma de produção comercial de computadores no Brasil, já que nem firmas nacionais nem subsidiárias de empresas estrangeiras os faziam. Assim, os gabinetes de controle numérico (CN) tinham que ser importados, mesmo até muito tempo depois que a correspondente máquina-ferramenta voltou a ser produzida em maior escala a partir de 1975, pela mesma citada empresa.

Foi em 1977 que subsidiárias de empresas alemãs começaram a produzir aqui. Elas buscavam atingir o mercado brasileiro e o latino-americano em geral, investindo diretamente para produzir na região. Seu objetivo era manter, e possivelmente expandir, sua fatia de mercado, mesmo que às expensas de parte da cota que era fornecida anteriormente por suas matrizes na Alemanha. Ouvimos de um diretor destas firmas: “Ou as fazemos aqui, ou esqueça tudo porque alguém as fará”. Esta é uma ilustração excelente da estratégia seguida por algumas empresas de capital originariamente alemão, para conquistar o mercado brasileiro, e que será analisada em maior detalhe na última parte deste trabalho.

A oferta interna total de MFCN, em 1980, era feita por oito firmas, das quais seis são de propriedade de capital alemão. (Na 14.^a Feira de Mecânica Nacional realizada em abril de 1982 em São Paulo, foram

levantadas 16 empresas produzindo 34 modelos diferentes de MFCN. Lembremos, entretanto, que nosso trabalho tem como referência o ano de 1980.) A oferta nacional era restrita a duas empresas que não ofereciam, de maneira geral, modelos tão sofisticados quanto aquelas. Apesar dos modelos oferecidos pelas subsidiárias alemãs serem bastante recentes, eles são, em maior ou menor grau, algo defasados em relação aos últimos lançamentos de suas matrizes.

Deste modo, podemos observar que não apenas existe um hiato entre a oferta nacional e a oferta interna, como também o hiato é maior se compararmos a oferta nacional com os últimos lançamentos do mercado internacional. Neste ponto, vale a pena lembrar que a noção de hiato relativo é expressa claramente pelo fato de que a oferta interna é ainda insuficiente, mesmo quantitativamente, para atender a demanda interna. A outra parte das importações justifica-se pela inexistência de equipamentos similares produzidos localmente.

A produção de MFCN no Brasil foi considerada por 79% dos usuários como um fator de estímulo para a compra do equipamento. À parte o grau de confiança na indústria local de máquinas-ferramenta que possa representar, isto expressa também a enorme importância que significa para o usuário de um equipamento novo e sofisticado estar perto de seu fabricante por questões de manutenção.

Devido ao alto custo inicial do capital fixo, é absolutamente necessário ter um eficiente serviço de apoio e manutenção, pois, caso contrário, o investimento pode não valer a pena. O *downtime* de uma máquina tão cara deve ser por todos os meios minimizado.¹² Assim sendo, deve-se contar com rapidez e eficiência de assistência técnica quando ela for necessária . . . Se esta for deficiente, pode-se tornar um sério entrave ao processo de difusão (um terço dos usuários assim o considerou).¹³

Os usuários procuram, sempre que possível, capacitar-se para executar dentro de suas próprias firmas a necessária manutenção, seja da parte mecânica ou, em menor escala, da parte eletrônica. Ainda assim, estar perto do fabricante permanece sendo um aspecto importante para o comprador, especialmente durante o período crítico da instalação do equipamento e de suas primeiras horas de funcionamento, pois é quando a maioria dos defeitos de fabricação ocorrem.

Isto é ainda mais verdadeiro se consideramos especificamente o CN e seus componentes eletrônicos, pois aí incidem dois terços dos defeitos registrados. Mesmo quando são produzidos localmente, o seu grau real de nacionalização ainda é muito baixo. Os produtores sempre alegam que atingem um grau de nacionalização em valor de mais de 80%. Este índice,

¹² Numa das fábricas que visitamos foi-nos mostrado um armário com peças de reposição para um único CN, no valor de US\$ 100 mil, devido à manutenção muito deficiente do fabricante.

¹³ É interessante observar que isto reflete uma avaliação corrente nas firmas usuárias de que não vale a pena comprar equipamento muito moderno se não houver manutenção adequada para o mesmo.

entretanto, é bastante questionável, devido à maneira como é calculado, que não pesa qualitativamente os componentes do NC e permite práticas de subvalorização das partes importadas, para aumentar o "índice de nacionalização". A bem da verdade, tais práticas não são absolutamente incomuns.

De qualquer modo, o que nos interessa registrar é que as partes e componentes mais sofisticados são ainda importados, mesmo nos melhores casos, pois a indústria (micro) eletrônica no Brasil ainda está em seus estágios iniciais de formação e consolidação. Para superar esta dificuldade, a decisão de algumas companhias alemãs fabricantes de máquinas-ferramenta, de virem instalar-se no Brasil, foi associada a um acordo com uma das principais empresas eletrônicas da Alemanha, para que sua subsidiária fabricasse aqui o CN.

Esta corporação multinacional, por sua vez, tem acordos comerciais com o principal produtor japonês de CN, para participação coordenada e cooperação mútua no mercado mundial. Por sinal, esta parece ser, pelo menos em parte, uma das razões de os produtores japoneses de máquinas-ferramenta não se interessarem em exportar MFCN para o Brasil e, muito menos, aqui fazer investimentos diretos.

Como já foi sugerido, para equacionar o estágio de evolução da indústria, quanto à produção de MFCN, um estudo como este deve incluir tanto um histórico das máquinas-ferramenta, como de seus controles. Para nós isto é particularmente importante, já que, como nos países em que a indústria já está solidamente constituída, na maioria dos casos (mas não em todos), as firmas que produzem as máquinas-ferramenta não são as mesmas que fabricam o CN. No Brasil, em 1980 havia apenas três empresas fabricando CN comercialmente (estamos nos abstraindo de uma empresa que fazia aqui apenas a montagem do equipamento). Duas eram de origem alemã e uma nacional (que foi fundada com o apoio da Finep e da Embramec por técnicos e engenheiros estrangeiros radicados no Brasil, com prévia experiência na fabricação de CN na Itália).

Como já mencionamos, os índices de nacionalização dos CN por elas produzidos ainda são relativamente baixos, já que a tecnologia com que elas lidam é de uma "safra" recente e ainda pouco difundida no Brasil. Mesmo em relação à parte mecânica do equipamento, porém, o índice de nacionalização não alcança os 100%, apesar da reconhecida competência técnica existente aqui e da tradição da indústria local de máquinas-ferramenta. Várias peças e componentes mecânicos ainda são importados, pois, dada a limitação da demanda, não é possível produzi-las localmente em escala economicamente viável (por exemplo, servo-motores, rolamentos de esferas de precisão, cônicas e recirculantes, etc.)¹⁴

¹⁴ O Eng.º Amaury Miranda chamou nossa atenção para o fato, até certo ponto paradoxal, de que não sendo a indústria integrada como um todo, as empresas eventualmente sentem-se forçadas a verticalizar suas próprias estruturas produtivas para não ficarem totalmente dependentes de importações difíceis e demoradas, ainda que a falta de escala acarrete custos mais altos.

Uma outra questão que nos parece extremamente importante diz respeito à criação e/ou transferência efetiva de tecnologia. Na verdade, a constituição da capacidade local de projetar os equipamentos que se usa e produz define também um outro estágio, qualitativamente diferente do processo de difusão. Aqui encontramos uma diferença significativa entre a firma nacional e as outras produtoras de CN. É que, na primeira, existe alguma forma de criação ou transferência efetiva de tecnologia, propiciada pelas atividades dos *experts*, fundadores da empresa. Por outro lado, nas de origem estrangeira, isto é limitado a adaptações menores do projeto original, para que ele possa funcionar dentro das condições brasileiras. (Por exemplo "climatizando" o CN, através da adaptação de uma unidade de ar condicionado, para que possa funcionar nas condições brasileiras de temperatura, umidade, etc.).

A natureza estratégica da questão deve ser entendida à luz de um esforço amplo para criar e consolidar capacitação tecnológica no campo da microeletrônica, de modo a diminuir o hiato absoluto aí existente e reinserir o Brasil na atual divisão internacional do trabalho. Tal esforço incluiu uma longa discussão entre profissionais e empresários do setor sobre a formulação de uma política nacional explícita para tecnologia de informação e culminou com a criação da Secretaria Especial de Informática (SEI), em 1979.

"No que tange especificamente ao CN, a SEI vem de formular recentemente linhas mestras para a implementação de uma política para o setor. . . O objetivo fundamental é buscar o domínio total desta tecnologia através de estágios sucessivos, começando com forte apoio à produção nacional também em projetos (*software* e *hardware*). É claro que em determinado nível esta capacitação de produção e projeto dependerá de um esforço mais abrangente da indústria de informática e microeletrônica como um todo. Sem dúvida, uma série de medidas podem e estão sendo tomadas para dar uma capacitação parcial para o setor, sobre as quais possam se suceder outras medidas mais profundas e aparentemente mais eficazes. Inegavelmente mover o processo da inércia inicial é muito difícil e os caminhos são igualmente obscuros, todavia a iniciativa de capacitação através de aproximações sucessivas, com prioridade absoluta para participação nacional, parece-nos correta". [Tauile (1972)].

Segundo Ditz *et alii* "foram dados apenas os primeiros passos para a implementação de uma política de CN, com a definição de quatro fabricantes para atuar no mercado. Quanto ao seu desempenho, bem como ao desempenho do próprio mercado, ainda é muito cedo para se tentar qualquer previsão. Entretanto, espera-se que a competição entre eles e a busca de menor preço e menor qualidade seja benéfica para o país e que se possa em breve constatar a filosofia do CN em nossas indústrias". [Ditz, Mendes e Fagundes (1982, p. 21)].

Dentre estas medidas, está incluída a obrigatoriedade de que os produtores de CN sejam de propriedade de capital totalmente nacional. Com isto, os produtores de origem estrangeira ou nacionalizam seu capital ou

abandonam o mercado, pelo menos enquanto produtores diretos de equipamentos finais (passando talvez a vender tecnologia sob a forma de projetos, componentes, etc.).

6 — Conclusões

Para concluir, vamos reunir alguns de nossos principais resultados e tentar entender o que significam conjuntamente. A Tabela 4, que é uma consolidação de alguns destes resultados, bem como algumas de nossas conclusões anteriores, indicam que a tecnologia de MFCN está no Brasil para ficar. Neste momento a difusão já é um processo irreversível, com forças internas e externas contribuindo para isso. De um lado, a verticalização do modelo de desenvolvimento brasileiro, através da expansão e modernização do setor produtor de bens de capital, certamente estimulou a difusão. De outro, a internacionalização da produção industrial induziu os mesmos efeitos.

Independente do fato já mencionado de que a difusão se concentrou fortemente no setor de bens de capital, nossa pesquisa mostrou que: *a)* a maioria dos usuários é de propriedade de capital estrangeiro; *b)* a maioria dos produtores locais também; *c)* a oferta interna total está aumentando absolutamente e percentualmente em relação à demanda total; *d)* a oferta nacional está aumentando absolutamente, mas tem decrescido como percentagem da oferta interna total; e *e)* a demanda atual do setor pode ser fortemente influenciada pela recuperação (ou não) da atual crise econômica.

Dos dados recolhidos, pudemos diferenciar algumas estratégias de penetração do mercado brasileiro por parte de capitais estrangeiros. Se compararmos as estratégias dos capitais provenientes da Alemanha, dos Estados Unidos e do Japão, notamos que elas são distintas entre si. Após um período de exportação elevada para o Brasil, algumas empresas de capital alemão optaram por investir diretamente aqui e foram bem-vindas. O Brasil, a América Latina e possivelmente os Estados Unidos eram os mercados em expansão que eles pretendiam atingir melhor.¹⁵ Uma das vantagens deste comportamento é a garantia contra barreiras alfandegárias que, se instituídas, passariam a ter até um efeito positivo sobre seu novo negócio. Quanto ao risco de nacionalização, tem sido pequeno pela orientação e estabilidade política do regime militar no Brasil.

Em 1980, algumas das empresas de origem alemã ainda estavam entregando suas primeiras unidades. Ainda assim, já era possível notar alguns

¹⁵ Não são freqüentes os casos de exportação de máquinas-ferramenta do Brasil para os Estados Unidos, que lá recebem o CN após já ter sido testado no Brasil com equipamento similar.

TABELA 4

As MFCN no Brasil

	Antes de 1975	1975	1976	1977	1978	1979	1980
OTI	1*	1	3	9	24	40	52*
Estoque	1	2	5	14	38	78	130
ON	1	1	3	6	9	14	18
ON/OTI	1	1	1	0,66	0,37	0,35	0,34
OT	99	75	88	111	146	96	60**
Estoque	99	174	263	384	530	620	680**
OTI/OT	0,01	0,01	0,06	0,13	0,26	0,44	ND

FONTES: Para OTI e ON, Cardoso (1980). OT para 1980 é resultado de nosso próprio censo. Como não pudemos encontrar datas de referência para 20% das MFCN em uso, decidimos distribuí-las proporcionalmente, aumentando todos os outros valores da linha em 25%. Esta linha deve, assim, ser considerada apenas uma aproximação para efeito de comparações.

* Nossa estimativa.

** Este valor também está sujeito a correções menores devido a possíveis diferenças quanto aos tipos de máquinas a serem incluídas no censo.

ND: Devido a dupla estimação, consideramos que este dado não está disponível. Acreditamos, todavia, que ele deva ser superior a 0,5.

a) Oferta Total Interna (OTI) medida anualmente em unidades; a₁) a correspondente evolução do estoque;

b) Oferta Nacional (ON), em unidades; b₁) como percentual de OTI;

c) Oferta Total (OT), em unidades; c₁) a correspondente evolução do estoque;

d) OIT como percentual de OT.

dos exemplos mais interessantes — e agressivos — de organização industrial, penetração de mercados, e economia de escala, os quais mereceriam estudos de caso. Ademais, sem considerar o fato de que os produtos estrangeiros eram de uma maneira geral mais sofisticados do que os oferecidos pelas empresas nacionais, os mesmos não competiam entre si, pois ou eram tipos de máquinas distintas ou modelos bastante diferentes.¹⁶ É interessante notar que seus preços equivaliam entre duas e três vezes ao de seus similares vendidos na Alemanha (o principal argumento justificativo para tal é a diferença de escalas de produção alcançadas).

Já os capitais americanos demonstraram outra forma de comportamento. Ao longo da década de 70, eles foram consistentemente responsáveis por quase 50% das MFCN importadas pelo Brasil, mas não se interessaram em fazer investimento direto aqui. Assim, observamos que, apesar de terem sido as empresas de capital originariamente americano as pioneiras na internacionalização da produção de bens de consumo final no setor de máquinas-ferramenta (num intenso processo liderado pelas corporações multinacionais), este não foi o caso. Seu comportamento no

¹⁶ Ironicamente, as firmas brasileiras não apenas geravam produtos semelhantes, como, em sua busca de tecnologia, compraram esta de um mesmo fabricante italiano.

mercado, apesar de forte, é de certo modo conservador, podendo custar-lhes a liderança do mercado brasileiro do bem em questão.

Entretanto, realmente curioso é o comportamento das empresas de capital japonês. É notório seu esforço de exportação de MFCN no final da década de 70, mas sua participação nas importações brasileiras ainda é bastante baixa (apesar de alguns fracos sinais de aumento no final do período), podendo ser considerada neste mercado, enquanto produtoras, inteiramente nula. Parece que a existência dos mencionados acordos comerciais e técnicos, entre as principais produtoras alemãs e japonesas de CN, definiu o mercado brasileiro como esfera de influência da empresa alemã. Como reflexo, isto possivelmente terá afastado também as empresas japonesas produtoras de máquinas-ferramentas envolvidas com MFCN. A Tabela 5 sumaria estas estratégias de participação.

TABELA 5

Estratégia de participação estrangeira na produção de MFCN

	Alemanha	Estados Unidos	Japão
Participação através de exportações	Baixa	Muito alta	Baixa
Investimento direto	Muito alto	Nulo	Nulo

É evidente que as perspectivas do processo de difusão depende de muitas contingências, cujos desdobramentos são difíceis de se prever com precisão. Ainda assim, para finalizar este trabalho, apresentamos uma lista de fatores que poderão influenciar, positiva ou negativamente, a taxa de difusão de MFCN no Brasil no futuro próximo:

a) a recuperação da atual crise econômica é certamente um fator decisivo na determinação do que acontecerá a seguir e quando;

b) também é decisivo o rebaixamento de custos de produção do equipamento (especialmente do CN), através das técnicas apropriadas e de escalas maiores desta produção;

c) conseqüentemente, a participação governamental na consecução destes objetivos parece ser fundamental;

d) como resultado do aumento da organização da classe trabalhadora, pode crescer a percepção (mesmo que equivocada), por parte dos empresários e administradores, da necessidade de aumentar o controle da força de trabalho e do processo de trabalho, através do uso da nova tecnologia; e

e) *last, but not least*, a decisão dos capitais aqui instalados de continuar mantendo seu investimento voltado para os mercados internacionais tornará imperioso um aumento da utilização de MFCN em muitos dos respectivos processos de produção que já se tornaram padrões técnicos em outros países.

Bibliografia

- THE AMERICAN MACHINIST. New York, fev. 1980.
- ARTHUR D. LITTLE INC. Report on numerical control. 1962.
- BIATO, F., GUIMARÃES, E. e FIGUEIREDO, M. H. *Potencial de pesquisa tecnológica no Brasil*. Relatório de Pesquisa, 5. Brasília, IPEA/IPLAN, 1971.
- BUSINESS WEEK. New York, 16 de junho de 1980, p. 98.
- CARDOSO, Paulo Roberto P. *Situação do comando numérico no Brasil*. Mimeo. EMBRAMEC, 1980.
- CEPAL. *La fabricación de maquinarias y equipos industriales en America Latina: II. Las maquinas herramientas en el Brasil*. New York, ONU, 1962.
- DITZ, E., MENDES, M. e FAGUNDES, E. A política de comando numérico e de CAD/CAM/robótica no Brasil. Publicadas nos Anais do 2.º Seminário de Comando no Brasil. abr. 1982.
- ERBER, F. S. Política científica e tecnológica no Brasil; uma revisão da literatura. In: RESENHAS da economia brasileira. 1980.
- GEBHARDT, A. e HATZOLD, O. Numerically controlled machine tools. In: RAY, G. F. *The diffusion of new international processes, an international study*. Cambridge University Press, 1974.
- HENDRICK, J. W. *Productivity trends in the United States*. Princeton, Princeton University Press, 1961.
- LAGO, L. A. C. *et alii. A indústria brasileira de bens de capital; origens, situação recente, perspectivas*. Rio de Janeiro, Ed. Fundação Getulio Vargas, 1979.
- LEFF, N. *The Brazilian capital goods industry, 1929-1964*. Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1968.

- LESSA, C. *A estratégia de desenvolvimento 1974/1976 — sonho e fracasso*. Tese de professor titular. Rio de Janeiro, UFRJ, 1978.
- LOWE, Adolph. A structural model of production. *Social Research*, New York, 1952.
- MACHADO, A. *Comando numérico em máquinas-ferramenta*. São Carlos, Universidade de São Carlos, 1979.
- MAGALHÃES, E. S. *A evolução da indústria de máquinas-ferramenta no Brasil*. Tese de mestrado. Brasília, Universidade de Brasília, 1976a.
- . Mudanças estruturais na indústria de máquinas-ferramenta. *Boletim Econômico*, Brasília, D.F. IPEA (3):18-21, maio/jun. 1976b.
- MANSEFIELD, E. *The economics of technical change*. W. W. Norton and Co. Inc., 1968.
- RATTNER, H. et alii. *Produção e difusão de máquinas-ferramenta com controle numérico no Brasil*. Mimeo. 1981.
- RAY, G. F. *The diffusion of new international processes, an international study*. Cambridge University Press, 1974.
- ROSEMBERG, N. *Perspectives on technology*. Cambridge University Press, 1976.
- SCHON, D. A. *Technology and change*. New York, Dell Publishing Co., 1967.
- SOLOW, R. M. Technical change and the aggregate production function. *Review of Economics and Statistics*, Cambridge, Mass., 39 (3):312-20, ago. 1957.
- SONNY, J. *Technological change in the U.S. machine tool industry, 1948/1966*. Tese de Ph.D. New York, New School for Social Research, s.d.
- TAUILE, J. R. *Microeletrônica, automação e desenvolvimento econômico: o caso das MFCN no Brasil*. Mimeo. Trabalho apresentado no Congresso da SUCESU, 1982.
- TAVARES, M. C. e BELLUZO, L. G. Notas sobre o processo de industrialização recente no Brasil. *Revista de Administração de Empresas*, Rio de Janeiro, 19 (1), jan./mar. 1979.

VERNON, R. International investment and international trade in the product cycle. *Quarterly Journal of Economics*, Cambridge, Mass., 80 (1), maio 1966.

VIDOSSICH, Franco. *A indústria de máquinas-ferramenta no Brasil*. Série Estudos para o Planejamento, 8. Brasília, IPEA/IPLAN, 1974.

(Originais recebidos em julho de 1984. Revistos em setembro de 1985.)