

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE ECONOMIA

A DIFUSÃO DA AUTOMAÇÃO FLEXÍVEL
NA INDÚSTRIA BRASILEIRA
DE AUTOPEÇAS

ANTÔNIO JOSÉ CORRÊA DO PRADO

Dissertação de mestrado apresentada
ao Instituto de Economia da Universidade
Estadual de Campinas sob a orientação do
Prof. Dr. Wilson Suzigan

Wilson Suzigan

CAMPINAS — SP

MARÇO DE 1989

Dedico ao meu filho Thiago

AGRADECIMENTOS

Aprendi, ao elaborar esta dissertação, o esforço coletivo que existe por trás da criação acadêmica. Não foram poucos os que me ajudaram e, infelizmente, também não foram poucos os que sacrifiquei. Agradecer a todos não é apenas um ato ritual, mas um sincero gesto de gratidão, insuficiente para retribuir a solidariedade e compreensão que encontrei.

Sou grato ao Prof. Wilson Suzigan, meu orientador, pela leitura meticulosa das várias versões deste trabalho e pelas sugestões precisas que enriqueceram a versão final. Minha gratidão também é grande ao Prof. Mário Possas, meu professor durante vários anos e referência pessoal de seriedade acadêmica, que encontrou entre seus vários compromissos tempo para ler e dar sugestões para a melhoria dos capítulos teóricos, baseados, em boa parte, em literatura por ele indicada.

A Walter Barelli, meu caro diretor e amigo, que jamais poupou palavras de incentivo e confiança na realização desta árdua tarefa, devo o apoio decisivo em todas as etapas deste trabalho, desde os primeiros momentos em que iniciei a pós-graduação.

Aos colegas do DIEESE, agradeço a compreensão e ajuda, em especial à Sirlei, Jorge, Luis, Chicão, Fernando, Rosana e Mário. À Anne, agradeço a gentileza de obter alguns dos livros necessários para a elaboração do capítulo teórico desta dissertação.

Muitos foram os amigos que me acompanharam neste período. Sato, Fábila e Sérgio deram-me o estímulo necessário para terminar o trabalho, além de terem lido e discutido com atenção as versões finais. Ao Rocha, devo a convivência fraterna e solidária na realização da pesquisa de campo; devo-lhe também o uso do escritório da MZR para redigir o final da dissertação. À Vera, agradeço a lembrança de que só se pode filosofar em alemão.

Ao Thiago, meu filho, agradeço o sorriso!

À Solange, minha amiga e mulher, sou grato pelo seu amor, que me deu a razão que me faltava.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
0
8

CONCLUSÕES

A reestruturação tecnológica da indústria brasileira de autopeças é um fenômeno que coincide com um período de prolongada estagnação da economia brasileira e deve ser analisado nesse contexto. Nesse sentido, o esforço de modernização não só é uma das estratégias de sobrevivência adotadas com o objetivo de recuperar a rentabilidade através do aumento da eficiência técnica, mas também uma forma de viabilizar a continuidade do processo de redução da dependência em relação ao oligopsônio das montadoras, processo esse que tem privilegiado a articulação com o mercado internacional de autopeças, principalmente no que se refere às grandes empresas do setor. Esta saída para o mercado externo, entretanto, está no limiar do seu esgotamento, pois que fundada basicamente em benefícios fiscais e numa política econômica que tem reduzido a relação salários/câmbio, através tanto de políticas de arrocho salarial como de depreciação do câmbio. A crise financeira do Estado e o aumento da tensão social em função da degradação prolongada do poder de compra dos salários, provavelmente não permitirão mais que as desvantagens tecnológicas e a baixa produtividade da indústria brasileira sejam convenientemente contrabalançadas por incentivos, subsídios fiscais e arrocho salarial. Desta forma, a adequação tecnológica do parque produtivo instalado aos padrões internacionais de tecnologia e qualidade surge como uma necessidade

SUMÁRIO

páginas

Agradecimentos

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	1
LISTA DE TABELAS	2
LISTA DE QUADROS	4
INTRODUÇÃO	5

CAPÍTULO 1 - TEORIAS ECONÔMICAS DE DIFUSÃO TECNOLÓGICA

1 - Introdução	9
1.1 - Definindo Difusão Tecnológica	10
1.2 - As Abordagens Epidêmicas do Processo de Difusão Tecnológica	13
1.2.1 - Os modelos de Mansfield	14
1.2.2 - Críticas aos modelos de Mansfield	23
1.3 - " Bayesian Learning Models "	25
1.4 - " Game Strategic Models "	30
1.5 - " Probit Models "	32
1.6 - " Vintage Models "	36
1.7 - Os Modelos de Oferta e Demanda	38
1.8 - A Crítica Neo-Schumpeteriana aos Modelos Neoclássicos ...	40
1.9 - A Abordagem Neo-Schumpeteriana: a visão de Giovanni Dosi	48

CAPÍTULO 2 - A AUTOMAÇÃO FLEXÍVEL

2 - Introdução	58
2.1 - Definindo a Automação	61
2.2 - A Automação Flexível versus a Automação Rígida	69
2.2.1 - Automação Rígida	69
2.2.2 - Automação Flexível	71
2.3 - Os Equipamentos da Automação Flexível	76
2.4 - As "Economias" da Flexibilidade e Integração	81
2.5 - Novas Formas de Organização e Gestão da Produção	89
2.5.1 - Sistema Just-in-Time/ Kanban	89

CAPÍTULO 3 - A DIFUSÃO DA AUTOMAÇÃO FLEXÍVEL NA INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS BRASILEIRA

3 - Introdução	95
3.1 - A Estrutura da Indústria de Autopeças	97
3.2 - Evolução Recente da Indústria de Autopeças	103
3.2.1 - Investimentos e capacidade ociosa na indústria de autopeças	104
3.2.2 - O comportamento do faturamento e do emprego	108
3.2.3 - Composição de mercado e exportações	109
3.3 - A Reestruturação Tecnológica com Base na Automação Flexível	113
3.3.1 - Um cenário geral da difusão da automação flexível na indústria de autopeças	113
3.3.1.2 - Estratégias de modernização: a adoção da automação flexível	116
3.3.2 - Difusão temporal da automação flexível	124

3.3.2.1 - Difusão intra-firma: a análise de um caso relevante	129
3.3.3 - Motivos e obstáculos à adoção da automação flexível .	137
3.3.3.1 - Os motivos	138
3.3.3.2 - Os obstáculos	140
3.3.4 - Fatores de retardamento da difusão da automação flexível na indústria de autopeças	141
CONCLUSÕES	160
Apêndice	165
Bibliografia	176

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Organização da produção com o advento da automação
microeletrônica - 3 diferentes tipos de automação : 68

Figura 2 - Esquema de processamento em ilhas 91

LISTA DE TABELAS

- 3.1 - Número de fornecedores de autopeças por componentes para 9 montadoras (1977/1978) 100
- 3.2 - Produção de autoveículos no Brasil (1968 a 1987) 105
- 3.3 - Investimento e capacidade ociosa na indústria de autopeças (1974 a 1987) 106
- 3.4 - Comportamento do faturamento e do emprego na indústria de autopeças (1974 a 1986) 109
- 3.5 - Exportações e composição de mercado na indústria de autopeças (1974-1977-1980-1987) 110
- 3.6 - Estoque de equipamentos microeletrônicos - Indústria de autopeças (1987) 115
- 3.7 - Adoção da automação flexível segundo estratégias de modernização e origem de capital (1987) 121
- 3.8 - Adoção de novas formas de organização na indústria de autopeças brasileira (1987) 122
- 3.9 - Difusão de MCNs na indústria de autopeças brasileira. Empresas selecionadas (1980 a 1987) 126
- 3.10 - Difusão da automação flexível na empresa O (1980 a 1987) 131
- 3.11 - Adoção de equipamentos convencionais e microeletrônicos (1981 a 1987) 133
- 3.12 - Resultados obtidos com o JIT/Kanban. Empresa I (1987) . 134

3.13 - Motivos para aplicação de equipamentos microeletrônicos.....	140
3.14 - Maiores obstáculos à difusão de máquinas a CN	141
3.15 - Participação no mercado de CNCs das 5 produtoras nacionais (1984 a 1986)	150
3.16 - Vendas de CNCs por empresas produtoras (1984 a 1987) - Brasil	154
3.17 - Parque instalado de máquinas a comando numérico (1980 a 1987)	156

LISTA DE QUADROS

- QUADRO 1 - Níveis de Mecanização e sua relação com as fontes de
acionamento e controle
(Tabela de James R. Bright) 64
- QUADRO 2 - Classificação do robôs segundo a JIRA 79
- QUADRO 3 - Uso geral das famílias de equipamentos microeletrônicos,
por esferas de produção 81

INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é analisar a difusão da automação flexível na indústria brasileira de autopeças. Este é o seu título e não por acaso. O título foi construído de forma a sintetizar precisamente o seu conteúdo, tanto em sua totalidade como em suas partes. Este procedimento não é uma preocupação sem fundamento e sim uma forma de delimitação clara do tema em dissertação. Neste sentido, a elaboração dos três capítulos segue uma trajetória de construção do significado do título: o capítulo um trata das teorias econômicas da difusão, o capítulo dois, da automação flexível e o capítulo três, da difusão da automação flexível na indústria brasileira de autopeças.

A revisão teórica realizada no capítulo um objetiva apresentar um panorama geral das diferentes teorias econômicas da difusão tecnológica, sem, contudo, ter a pretensão de esgotar a literatura. Nele, a primeira preocupação foi a de definir difusão tecnológica, não apenas para facilitar a compreensão das teorias tratadas, mas também para preencher uma lacuna muito comum encontrada na literatura brasileira sobre automação, que é a de não explicitar a definição de difusão usada. Este cuidado não é infunda-

do, pois não são poucos os trabalhos que incorrem no erro de realizar análises "cross-sections" tratando-as como processos de difusão. Ou até mesmo, de apresentar séries temporais de crescimento do estoque de equipamentos derivando delas trajetórias de difusão, sem ao menos realizar uma crítica bem fundamentada das limitações deste procedimento que, apesar de útil, é uma aproximação grosseira.

As resenhas das teorias de difusão feitas nas seções seguintes à definição de difusão visam, além de fundamentar algumas das análises feitas no capítulo três, contribuir com a divulgação de um debate ainda pouco citado nos trabalhos sobre automação flexível e tecnologia no Brasil. Alguns trabalhos sobre automação flexível testam e/ou utilizam algumas hipóteses lançadas por várias teorias da difusão fazendo apenas referências vagas ao debate original. São frequentes os trabalhos que procuram analisar a difusão de máquinas a comandos numéricos e robôs no país, elegendo as características das empresas como variáveis explicativas, tamanho, por exemplo, sem dar conta da existência dos "Probit Models" (ver capítulo 1, seção 1.5), que postulam serem as características das empresas o principal elemento na determinação do processo de difusão. Ou sequer optam claramente por alguma abordagem alternativa que justifique teoricamente a adoção do tamanho das empresas como variável explicativa, restringindo-se apenas a descrever o perfil dos usuários da automação flexível.

O capítulo dois é de caráter definicional. Nele são apresen-

tadas as definições de automação, automação rígida e automação flexível, além das tipologias de famílias de equipamentos microeletrônicos. Também são tratados os principais atributos destas inovações de processos, tanto os de caráter tecnológico como os de caráter econômico. É preciso atentar para o fato de que não houve neste capítulo uma preocupação em descrever os vários tipos de equipamentos e suas trajetórias tecnológicas, tema já suficientemente explorado (ver Coriat, 1983; Tauile, 1984 e Ferreira, 1987) e sim, de apontar, sinteticamente, os principais elementos que distinguem a automação flexível de outros tipos de automação. Apesar de não serem objeto central desta dissertação, as inovações organizacionais associadas às novas formas de organização e gestão da produção também são tratadas neste capítulo, como as ilhas de fabricação e o JIT/Kanban (ver seção 2.5). Isto porque elas acompanham a atual onda de inovações com base técnica na microeletrônica, inclusive sendo consideradas como condição necessária para uma apropriabilidade adequada dos resultados econômicos da automação microeletrônica.

Por último, no capítulo três, é feita uma análise do processo de difusão da automação flexível em uma indústria do setor metal-mecânico: a indústria brasileira de autopeças. A escolha desta indústria deve-se ao fato dela manter fortes relações comerciais e tecnológicas com outra indústria, a automobilística, que vem há vários anos sofrendo uma reestruturação tecnológica e organizacional com base na tecnologia microeletrônica e nas novas formas de organização e gestão da produção. A hipótese usada nesta escolha é

a de que as transformações na indústria automobilística induzem uma mudança técnico-organizacional no mesmo sentido nas autopeças, com o objetivo de homogeneizar a qualidade do produto final montado nas indústrias terminais. Assim, o capítulo três foi escrito com o objetivo de aferir se está havendo efetivamente um processo de difusão da automação flexível na indústria de autopeças e quais são os fatores que determinam essa difusão e seu ritmo. Este capítulo foi elaborado com base em informações de uma pesquisa realizada no Programa de Pós-Graduação em Economia da PUC-SP, da qual o autor desta dissertação participou, e foi complementado com dados de uma pesquisa realizada, na mesma época, pelo Prof. Afonso Fleury, do DEP da Politécnica de São Paulo.

CAPÍTULO 1

TEORIAS ECONÔMICAS DE DIFUSÃO TECNOLÓGICA

1 INTRODUÇÃO

O processo de difusão tecnológica, na literatura convencional, é considerado como um objeto específico de análise, distinto do processo de invenção e inovação. É evidente que ao nível concreto, estes três momentos são iterativos, adquirindo perfis próprios em cada fase de desenvolvimento do capitalismo. Se, no período concorrencial do sistema capitalista, era comum uma invenção demorar anos para se tornar uma inovação e o processo de difusão era realizado basicamente via imitação, induzido pelas oportunidades de lucros extraordinários observadas pelos imitadores na performance econômica dos inovadores, no período trustificado a invenção e a inovação são progressivamente internalizadas nas grandes corporações (Schumpeter, 1984), passando a ser atividades previstas em sua burocracia. Por outro lado, o processo de difusão é estimulado tanto por firmas especializadas em produção de tecnologia como pelos inovadores de primeira hora que permitem, através de licenças, que outras firmas utilizem seus processos em mercados que não concorram direta e imediatamente com os seus.

O processo de difusão tem sido objeto de muitas análises que podem ser agrupadas em três grandes linhas de abordagem: as duas primeiras, as abordagens epidêmicas e os assim chamados modelos de equilíbrio são de tradição neoclássica e construídas com base em regras de conduta maximizadoras (de lucro ou de utilidade) e em hipóteses de ajustamento a posições de equilíbrio. A terceira linha de abordagem é de tradição schumpeteriana e, apesar de incorporar os principais resultados das abordagens convencionais, parte de pressupostos radicalmente distintos, vale dizer, os de que as mudanças tecnológicas ocorrem num ambiente em que o desequilíbrio é o padrão e as incertezas e assimetrias exigem outras regras de conduta que não as maximizadoras (Dosi et alii., 1986, pp.3-5). Neste capítulo são tratadas as principais teorias destas diversas linhas de abordagem.

1.1 Definindo Difusão Tecnológica

Antes, porém, de se apresentar as várias abordagens é conveniente definir-se o que se entende por difusão.

"...o processo pelo qual as inovações (sejam elas novos produtos novos processos ou novos métodos de gerência) se alastram dentro entre economias." (Stoneman, 1985, p.1) (Tradução do Autor)

A definição de Stoneman é geral, não considerando que o processo de difusão é também um processo de deslocamento e substituição de velhas tecnologias, o que Metcalfe (1981, p.347) enfatiza com vigor, e não sem motivo, pois este é um dos principais elementos retardadores do processo de difusão. É curioso que Stoneman opte, em seu artigo de 1985, pela definição simplificada acima, já que seus modelos de difusão tratam justamente do processo de ajuste do nível e do ritmo de adoção de novas tecnologias, vis-à-vis a adoção de velhas tecnologias.

Em sua excelente revisão da bibliografia sobre difusão tecnológica, publicada em 1983, Stoneman apresenta uma definição formal de difusão, que será resumida abaixo, por ser adequada à maioria dos modelos neoclássicos de difusão, que serão apresentados em detalhe nas próximas seções. O autor citado analisa tanto a difusão de inovações de produtos como as inovações de processos, mas, por conveniência de exposição, na medida em que o objeto de estudo desta dissertação é uma inovação de processos (a automação flexível), apenas as últimas serão tratadas. Além deste corte, inovações de produto/processos, existem outros no que concerne ao tratamento da difusão de inovações de processos, associados à intensidade do uso da inovação na firma (difusão intra-firma) e à extensão do uso (difusão inter-firmas). Stoneman apresenta o problema da seguinte forma :

a) Difusão Intra-firma

Considerando uma firma i numa indústria j e Y_{ijt} como a produção realizada com a nova tecnologia no tempo t , e ainda X_{ijt} como o nível da produção total da firma i no tempo t , com um "mix" de tecnologias, a abordagem da difusão intra-firma trata do problema de como Y_{ijt} / X_{ijt} se aproxima de $(Y_{ijt} / X_{ijt})^*$, ou seja, da proporção da produção realizada com a nova tecnologia "pós-difusão", quando o processo de difusão já estiver esgotado. Portanto, a análise da difusão intra-firma trata dos determinantes do aprofundamento do processo de adoção.

b) Difusão inter-firmas

A abordagem da difusão inter-firmas não é feita considerando a proporção da produção na indústria realizada com a nova e a velha tecnologia, e sim da proporção das firmas que adotam ou não a nova tecnologia no tempo t . Assim, o problema é formalizado da seguinte forma:

Considerando N_t como o número de firmas que adotam a nova tecnologia no tempo t e N_t^* como o número de firmas que adotarão a nova tecnologia quando o processo de difusão estiver esgotado, o problema da difusão está em verificar os determinantes de como N_t / P_t (onde P é a população de adotantes potenciais) aproxima-se de N_t^* / P_t .

Cabe ainda destacar quais são as principais perguntas que as teorias de difusão tentam responder. Dosi(1986), Stoneman(1983) e Mansfield(1968) frisam 4 questões básicas:

- 1- por que a nova tecnologia, sendo percebida como superior às existentes, não é adotada instantaneamente;
- 2- quais são os fatores que retardam a adoção;
- 3- qual a forma da trajetória de difusão;
- 4- quais as variáveis relevantes que determinam este processo.

São muitas as respostas a estas perguntas, o que torna necessário fazer uma breve revisão das principais teorias de difusão, na medida em que todas elas reúnem elementos importantes para a análise de um caso concreto de difusão de uma determinada tecnologia, que é o objetivo final desta dissertação de mestrado. É o que será feito a seguir.

1.2 As Abordagens Epidêmicas do Processo de Difusão Tecnológica

Os modelos epidêmicos puros datam da década de cinquenta e resultam de uma analogia com os estudos de saúde pública a respeito de processos epidêmicos, como bem resumem Freeman e Perez :

" O modelo ' epidêmico ' reconhecia que enquanto uma infecção se alastra, o número de indivíduos que transmite a doença aumenta, acelerando a taxa de difusão em direção a um limite superior determinado pelo tamanho da população de risco. À medida que este

limite vai sendo alcançado, a difusão necessariamente diminui de ritmo." (Freeman e Perez, 1986, p. 355) (Tradução do Autor)

A adaptação da analogia médica à teoria econômica da difusão considera quatro hipóteses básicas: 1- a de que ao tomar conhecimento da existência de uma nova tecnologia, assumida como superior às existentes, a firma potencialmente irá adotá-la; 2- que as informações a respeito da nova tecnologia são difundidas através de contatos inter-pessoais, o que dá ao modelo o caráter epidêmico; 3- as firmas são homogêneas e 4- que a tecnologia é um bem acessível através da compra ("a free available good") (Dosi, 1986a, p. 32). Estas hipóteses resultam numa trajetória logística, com a propriedade de apresentar ritmos de difusão a taxas crescentes até que a metade dos adotantes potenciais incorpore a nova tecnologia e taxas decrescentes a partir deste ponto, aproximando-se assintoticamente do total de adotantes potenciais.

Vê-se que este modelo depende basicamente do processo de difusão de informações da nova tecnologia. Assim, são as imperfeições neste processo de transmissão de informações que explicam o retardamento da adoção. Se elas fossem perfeitas, pela lógica do modelo, a difusão seria instantânea. Esta conclusão, observada por um *reductio ad absurdum* é sem dúvida a principal razão para que a maioria dos autores descartem sumariamente esta abordagem, pois não é razoável imaginar-se que a única razão para as firmas não substituírem totalmente seu estoque de capital por outro baseado em nova tecnologia seja o desconhecimento em relação à esta última, pois certamente existem custos envolvidos na adoção que

Incluem, entre outros elementos, a obsolescência precoce dos equipamentos existentes.

São muitas as críticas aos modelos epidêmicos puros, das quais destacam-se: 1- ausência de um critério econômico que norteie a adoção; 2- o fato de considerarem que as firmas são homogêneas; 3- o processo de difusão de informações ser unicamente realizada pelos adotantes; 4- a tecnologia seja considerada uma variável exógena, (Stoneman, 1985, p.14). Mas, a simplicidade do modelo, baseado na analogia com as ciências médicas, merece uma crítica de natureza interna, neste caso, uma crítica à própria analogia. Dosi (1986, p.4) chama a atenção à inadequação da analogia, dizendo que o comportamento dos agentes econômicos, no caso da difusão de inovações, é essencialmente distinta daquela dos agentes infectados por uma moléstia, pois enquanto os primeiros (os agentes econômicos) estariam potencialmente desejosos de contrair a doença (adotar a inovação), inclusive sendo incentivados a isto pelos portadores primários (os produtores da inovação), os últimos (os infectados) teriam, na hipótese de serem social e psicologicamente normais, outro comportamento, o de evitar transmitir a moléstia e os grupos de risco, o de evitar contrai-la.

Existe um outro modelo epidêmico de grande relevância na literatura que é o elaborado por Mansfield e a ele será reservado um tratamento mais detalhado, tanto na sua apresentação como nas críticas a ele realizadas. É o que será feito a seguir.

1.2.1 Os Modelos de Mansfield

Mansfield (1968) também baseia seus modelos nas imperfeições das informações, acrescentando o processo de aprendizado ("learning process"), que para o autor é a essência do processo de difusão (Mansfield, 1968, pp. 82-83)). Na sua visão, a adoção da nova tecnologia envolve riscos e incertezas quanto à sua eficácia, que diminuem à medida que as firmas aprendem pelo uso e pela observação. Na medida em que aumenta o número de adotantes (ou a intensidade do uso), estas incertezas diminuem, influenciando positivamente o ritmo de adoção inter-firmas (intra-firma). O estímulo para a adoção é a lucratividade esperada com a nova tecnologia e o determinante maior do ritmo de adoção, os riscos e incertezas envolvidos. É importante notar que as incertezas não estão relacionadas aos atributos tecnológicos da inovação em si, pois ela é assumida, por hipótese, como superior, mas sim, à sua adequação ao ambiente econômico específico da firma, como bem sublinha Soete:

"... Quando os adotantes 'potenciais' tomam conhecimento da inovação, eles não conhecem suficientemente sua real "performance" em seu ambiente econômico particular. A observação da experiência dos primeiros adotantes irá, contudo, reduzir suas incertezas técnicas e de mercado." (Soete, 1985, p. 410) (Tradução do Autor)

Mansfield apresenta dois modelos de difusão, muito semelhantes do ponto de vista formal, um que trata da difusão intra-firma e outro da difusão inter-firmas. Os dois modelos serão apresenta-

dos conforme a leitura feita por Stoneman (1985, pp. 74-97).

a) Modelo de Difusão Intra-Firma

Como já foi dito anteriormente, este tipo de modelo trata da intensidade do uso de uma determinada inovação de processos, medida pela sua participação proporcional na produção total da firma. No entanto, Mansfield simplifica sua abordagem e trata da difusão intra-firma levando em conta apenas o estoque da inovação S_{it} , que é o número acumulado de equipamentos adotados pela firma i até o tempo t . Feita esta observação, a formalização do modelo é a que segue:

Considere-se S_{it} como o estoque da inovação de processo adquirida pela firma até o tempo t e S^* como o estoque final deste novo bem após a difusão já ter se completado, ou seja, quando a difusão já atingiu seu limite de saturação (todos os equipamentos substituídos). Considere-se ainda w_{it} como as adições ao estoque da nova tecnologia no tempo t , como proporção das adições ainda a serem feitas, definidas em função do limite de saturação. Assim, w_{it} é definida como:

$$w_{it} \equiv \frac{S_{it+1} - S_{it}}{S^* - S_{it}} \quad (1)$$

Onde o numerador é a adição líquida por período de tempo da nova tecnologia e o denominador o estoque potencial de adoção ainda não realizado. Mansfield considera w_{it} como uma função de quatro variáveis: 1- da lucratividade esperada com a adoção da nova tecnologia Π_i , com sinal positivo; 2- do risco U_{it} , com sinal negativo; 3- da liquidez da firma C_i , com sinal positivo e 4- do tamanho da firma I_i , com sinal não determinado. Assim,

$$w_{it} = f(\Pi_i, U_{it}, I_i, C_i, \dots) \quad (2)$$

A importância do risco na função acima é destacada por ser o único elemento dependente do tempo. Mansfield assume que U_{it} é decrescente com o tempo e explica este comportamento com base no "learning process". O autor argumenta que tanto a data da primeira adoção (L_i), como a proximidade de S^* são fatores que influenciam o grau de risco. A data da primeira adoção é resultado do "learning by observing", ou seja, do acompanhamento que os adotantes potenciais fazem da experiência dos usuários e é objeto específico do modelo de difusão inter-firmas. A proximidade em se completar a difusão (relacionada à data da primeira adoção) está relacionada ao "learning by using", ou seja, ao conhecimento que a firma acumula ao usar a nova tecnologia, ao adaptá-la ao seu ambiente específico, como prefere Soete (1985). Portanto, existem

duas dimensões temporais a serem consideradas: 1- o tempo de uso da nova tecnologia e 2- o tempo marcado pela proximidade do limite de saturação. Quanto mais o tempo de uso decorre, maior o acúmulo de experiência e menor o risco de aprofundar o uso; o mesmo ocorre quanto maior for a intensidade do uso (S_{it} / S^*_i). A equação do risco é a seguinte:

$$U_{it} = J (L_i, S_{it} / S^*_i, \dots) \quad (3)$$

Substituindo a equação (3) em (1), surgem os determinantes do processo de difusão,

$$w_{it} = \frac{S_{it+1} - S_{it}}{S^*_i - S_{it}} = H (JI_i, L_i, I_i, C_i, S_{it}/S^*_i, \dots) \quad (4)$$

Mansfield diferencia a equação (4) em relação ao tempo t , chegando a:

$$\frac{dS_{it}}{dt} = H () (S^*_i - S_{it}) \quad (5)$$

Ainda, a equação (5) é escrita como uma função linear de S_{it} / S^*_i , onde assume-se que o coeficiente linear é :

$$\theta_i = c_1 + c_2 JI_i + c_3 L_i + c_4 I_i + c_5 C_i + e_i \quad (6)$$

O resultado é:

$$\frac{dS_{it}}{dt} = \phi_i S_{it} (1 - S_{it}/S^*_i) \quad (7)$$

A equação (7) é uma equação que resulta numa curva logística de difusão. Desta forma, Mansfield demonstra que seu modelo resulta numa trajetória de difusão intra-firma que é sigmóide, sendo esta determinada em seu ritmo de expansão (ϕ_i) pela lucratividade esperada com a adoção da inovação, pela liquidez da firma, seu tamanho, a data da primeira adoção e pela intensidade do uso, estes dois últimos relacionados ao risco da adoção (Mansfield, 1968, p.88).

b) Modelo de Difusão Inter-Firmas

A questão básica tratada por este tipo de modelo é a introdução de uma nova tecnologia e não a intensidade do seu uso. No entanto, é preciso que se adote alguma hipótese em relação à difusão intra-firma, para se isolar o objeto de estudo. Geralmente são duas as hipóteses adotadas: 1- ou que ela é instantânea; 2- ou que se adota apenas uma unidade do novo equipamento. Formalmente o modelo não é afetado se optarmos por uma ou outra hipótese, mas do ponto de vista do "realismo", a primeira hipótese certamente é

muito forte. Mansfield, num estudo empírico sobre a difusão de locomotivas a diesel nos Estados Unidos, adota uma aproximação da segunda hipótese, incluindo em sua amostra apenas firmas com um nível de 10% de uso (Mansfield, 1968, pp. 95-96).

O tratamento dado ao modelo inter-firmas apresenta algumas adaptações, mas é formalmente o mesmo. Mansfield substitui o tamanho da firma I e a liquidez C por uma variável síntese K , que é o tamanho do investimento necessário para instalar a nova tecnologia, variável essa, aliás, também utilizada nos "Probit Models" (ver seção 1.5). Outra modificação também é feita ao substituir S_{it} por N_t , que é o número de empresas usuárias da inovação. Assim, a primeira fórmula do modelo é a que segue:

$$\lambda_t = \frac{N_{t+1} - N_t}{N^* - N_t} \quad (1)$$

onde, λ_t é a adição ao número de firmas usuárias da inovação no tempo t , como proporção das firmas que ainda não são usuárias (ou das usuárias potenciais); N^* é o nível de usuários pós-difusão. Portanto, o modelo tenta explicar a taxa de modificação no tempo de λ_t .

O papel do risco é mantido, seguindo-se o mesmo raciocínio do modelo anterior, só que aqui o risco diminui à medida que

N_{t+1}/N^* aproxima-se da unidade, o que significa dizer que quanto mais próximo se está de completar a difusão inter-firmas, menor é o risco de adoção, pois as firmas acumulam mais informações através do "learning by observing" (obviamente neste modelo o "learning by using" não tem papel algum). A segunda função é descrita como segue:

$$\gamma_t = f(N_{t+1}/N^*, JI, K, \dots) \quad (2)$$

A equação do ritmo da difusão fica então sendo,

$$\phi = b_1 + b_2 JI + b_3 K + e \quad (3)$$

A equação final, que define a trajetória temporal é definida como:

$$N_t = \frac{N^*}{1 + \exp(-\eta - \phi_t)} \quad (4)$$

Mansfield(1968, pp. 89-90) conclui alguns pontos interessantes sobre o seu modelo. O primeiro está relacionado à probabilidade de adoção de inovações, com a mesma lucratividade esperada, mas com exigências de investimentos diferentes. Assim, ele afirma que as inovações que exigem um grau de comprometimento menor, difundem-se mais rapidamente. Os "Probit Models" apresentam uma expli-

cação mais detalhada para este fenômeno, como será visto adiante. O segundo supõe que para inovações que apresentam a mesma expectativa de rentabilidade e o mesmo grau de comprometimento, a difusão depende da indústria em que ela ocorre. Neste caso, em indústrias com tendência a serem tomadoras de riscos, a difusão é mais rápida. Neste segundo ponto, Mansfield lança uma hipótese que tem sido bastante explorada pelos autores neo-schumpeterianos que é a da relação entre a estrutura da indústria e o processo de geração e difusão de tecnologias (ver Dosi et alii., 1986, pp.1 e 8). O primeiro ponto é corolário de seu modelo, supondo-se que o coeficiente b_1 da equação de risco é negativo e que b_2 é positivo, já o segundo não pode ser inferido do modelo em si, mas apenas de estudos empíricos comparativos, pois não inclui nenhuma variável que contemple a diversidade na indústria, tanto de estratégias como de estrutura.

1.2.2 Críticas aos Modelos de Mansfield

A abordagem de Mansfield foi objeto de muitas críticas e desenvolvimentos desde que foi elaborada. Apresentar-se-ão a seguir algumas das principais críticas registradas na literatura sobre o assunto, cuidando-se neste momento de tratar principalmente daquelas que apontam suas inconsistências internas. As lacunas de sua abordagem serão vistas quando forem apresentados os modelos que desenvolveram sua teoria ou que sugeriram outros caminhos.

Deste ponto de vista, sem pretender ter esgotado a literatura, registra-se apenas uma crítica de natureza interna ao modelo de Mansfield, a que é feita por Stobneman(1983,p.76). Pode-se notar nas fórmulas apresentadas no item a da seção 1.2.1 acima, que Mansfield considera apenas o risco U_{it} como dependente do tempo ("time dependent"), não seguindo o mesmo procedimento para a lucratividade esperada J_i , para a liquidez C_i e para o tamanho da firma I_i . Assim, o processo de aprendizado não afeta nenhuma destas variáveis à medida que a difusão avança. Neste caso cabe perguntar qual a natureza deste risco, pois se não está associado à lucratividade esperada ou à capacidade de auto-financiamento da firma, ele passa a ser apenas um artifício mecânico, sem sentido econômico. No entanto, Mansfield descreve este risco como associado à lucratividade, logo, se ele (o risco) diminui enquanto a difusão procede, as expectativas formadas quanto à lucratividade deveriam ser recalculadas para cima, acelerando ainda mais o ritmo de difusão. É de se esperar também que a liquidez da firma aumente ("coeteris paribus") na medida em que a lucratividade esperada seja efetivada, aumentando a acumulação interna da firma e novamente afetando positivamente o ritmo de adoção, que também afetará o tamanho da firma. Teríamos aqui um início de teoria que explicaria a geração de assimetrias na estrutura industrial, via tecnologia. Mansfield parece renunciar a formalizar estas possibilidades e acaba por manter uma inconsistência em seu modelo.

1.3 "Bayesian Learning Model"

Stoneman, tendo percebido estas inconsistências, propõe um modelo em que prevê um processo de ajuste das expectativas quanto à lucratividade da inovação a cada decisão de aprofundamento de seu uso (seu modelo é intra-firma), o que envolve custos de ajustamento. Mas introduz um elemento adicional que é a comparação entre a lucratividade esperada com a nova tecnologia e aquela verificada com a velha tecnologia. Esta modificação permite que a superioridade incontestada da nova tecnologia, colocada por Mansfield (e outros), seja contestada frente à sua real "performance", inclusive permitindo que a velha tecnologia possa reagir, ou seja, sofrer inovações incrementais que a tornem mais atrativa à firma (ver também Metcalfe, 1981, p.349) ou mesmo que a inovação se desenvolva, afetando o ritmo inicial da difusão.

Stoneman desenvolve seu modelo tratando da evolução da proporção da produção da firma que é realizada utilizando-se a nova tecnologia denotada por d_t . O critério de seleção do nível desejado de uso da nova tecnologia d^{*}_t depende da maximização da média da rentabilidade esperada μ , do risco σ^2 que é o desvio padrão em torno da média e do custo de adoção C . Assim, Stoneman introduz em seu modelo um critério explícito de seleção, que não é contemplado no modelo de Mansfield. O modelo de Stoneman será descrito a seguir.

Há duas tecnologias, a nova (n) e a velha (o) que têm retornos com distribuição normal, descritas pelas funções (1) e (2) abaixo:

$$\text{Nova} : N(\mu_{nt}, \sigma^2_{nt}) \quad (1)$$

$$\text{Velha} : N(\mu_{ot}, \sigma^2_{ot}) \quad (2)$$

associadas ao "mix" desejado das duas tecnologias que é $N(\mu_t, \sigma^2_t)$. Assim, é preciso definir as equações que determinam μ_t e σ^2_t :

$$\mu_t = d_t \mu_{nt} + (1-d_t) \mu_{ot} \quad (3)$$

$$\sigma^2_t = d_t^2 \sigma^2_{nt} + (1-d_t)^2 \sigma^2_{ot} + 2d_t(1-d_t)\sigma_{not} \quad (4)$$

As equações (3) e (4) apesar da aparente complexidade, representam a média ponderada dos retornos médios esperados e do risco esperado, com base na proporção de uso das duas tecnologias, d_t para a nova e $(1-d_t)$ para a velha. A determinação do nível desejado de uso no tempo t (d^*_t) é feita maximizando-se uma função de utilidade, submetida às condições das equações (3) e (4). A função utilidade é:

$$U = H(\mu, \sigma^2) - C \quad (5)$$

onde C é o custo de ajuste do nível de uso, definido por:

$$C_t = \frac{0}{2} \cdot \frac{(\alpha_t - \alpha_{t-1})^2}{\alpha_{t-1}} \quad (6)$$

$$E H(\mu, \sigma^2) = a\mu - (1/2)b\sigma^2 \text{ onde } b > 0 \text{ e } a > 0 \quad (7)$$

O resultado da maximização da função (5) dá o nível desejado de uso da nova tecnologia:

$$\alpha_t^* = \frac{\mu_{nt} - \mu_{ot} + b(\sigma^2 - \sigma_{not})}{b(\sigma_{nt}^2 + \sigma_{ot}^2 - 2\sigma_{not})} \quad (8)$$

O modelo de Stoneman é um modelo que sustenta o papel do aprendizado no processo de difusão e este processo está formalmente descrito pela equação (6), onde o custo de ajuste diminui à medida que o nível de uso da nova tecnologia aumenta. A diferença deste aprendizado em relação ao suposto por Mansfield é que este depende da experiência da firma com a nova tecnologia. Assim, em cada momento em que se avalia o aprofundamento do uso já se têm disponíveis as informações relativas ao acerto ou erro das estimativas realizadas quanto à lucratividade esperada e seu desvio (o risco) no momento da decisão anterior. Este processo é cumulativo e baseado em parâmetros econômicos. O próprio autor assim resume a questão:

"Enquanto usa a nova tecnologia, a firma acumula experiência que a leva a renovar suas avaliações quanto ao lucro advindo e ao risco envolvido em se usar a nova tecnologia, procedimento que por sua vez irá induzi-la a modificar o nível desejado de uso, nível este que irá novamente ajustar a um ritmo menor que o infinito." (Stoneman, 1983, p.80) (Tradução do Autor)

Outra diferença importante entre o modelo de Stoneman e o de Mansfield é que, devido ao aprendizado bayesiano, o ritmo da difusão não é constante, podendo diminuir ou aumentar, dependendo das estimativas de retorno e riscos feitas em cada momento do tempo. Ainda a difusão pode ser paralisada se a firma calcular um α^* (nível desejado de uso) menor que o α (nível atual de uso). Isto pode ocorrer, por exemplo, em situações em que a velha tecnologia sofre inovações incrementais que a tornam mais eficiente ou quando a nova tecnologia apresenta problemas técnicos inesperados, que diminuem sua rentabilidade e aumentam os riscos em adotá-la. Este parece ser o caso dos robôs hoje em dia.

Este modelo pode ser objeto de muitas críticas, principalmente em relação ao seu critério de decisão, baseado em premissas de maximização de utilidade. Como esta crítica abrange todos os modelos neo-clássicos, reserva-se a ela um maior detalhamento ao resumir-se as críticas gerais a estes tipos de modelo, realizadas por autores neo-schumpeterianos. Não existem, na literatura consultada, críticas à consistência interna do modelo. Quanto às suas lacunas, Stoneman (1985, p.18) apresenta as críticas de Tonks feitas no sentido de que o modelo não prevê a possibilidade de se

comprar as informações tecnológicas necessárias ("a informação é tratada como um produto sem valor"). Esta hipótese pode dar mais realismo ao modelo, mas não parece modificá-lo substancialmente, apenas modificaria as estimativas de retorno e risco, podendo acelerar a difusão. Mas, de forma alguma anularia as incertezas envolvidas no processo de adoção, mesmo porque a tecnologia, como se verá, sempre envolve um processo de cumulatividade, que depende do "learning by using" (no caso de usuários) e do "learning by doing" (no caso de produtores).

Outro problema sério deste modelo é frisado pelo próprio autor : " Sua principal falha, contudo, é que ele é um tanto difícil de ser tratado empiricamente" (Stoneman, 1983, p. 81) . Portanto, o modelo pode até não ser objeto de críticas à sua consistência interna, mas não pode ser testado empiricamente.

Os modelos apresentados até o momento têm na difusão das informações, por infecção (modelos epidêmicos) ou pelo aprendizado bayesiano (Stoneman), o elemento retardador por excelência do processo de difusão. É conveniente ver-se agora, um modelo que suponha que as informações sejam idênticas para todos os agentes, o que, obviamente, exige outros elementos determinantes do processo de difusão.

1.4 "Game Strategic Model"

A apresentação deste modelo, infelizmente, fica um pouco prejudicada pois a literatura consultada (Stoneman 1983, 1985) não detalha as suas equações básicas. No entanto, vale registrar esta abordagem por dois motivos: 1- por tratar do processo de difusão isolando a variável informação, suposta como idêntica a todos os agentes e 2- por introduzir novas razões para as firmas esperarem para introduzir a nova tecnologia.

São as seguintes as hipóteses básicas do modelo (ver Stoneman, 1985, p.4 e 1983, p.108):

Hipóteses

- 1- As firmas são idênticas (homogêneas);
- 2- O acesso às informações é perfeito;
- 3- A difusão intra-firma é instantânea;
- 4- A nova tecnologia é "capital embodied";
- 5- A nova tecnologia reduz custos;
- 6- Os custos de adoção são declinantes no tempo;
- 7- Os lucros extraordinários decrescem com a difusão.

Dadas as premissas, considera-se que o lucro da firma i (não usuária) é $\pi_i(m, n)$, onde (n) é o número de firmas da indústria e (m) o número de usuárias e o lucro das usuárias é $\pi_o(m, n)$. Assim, a condição para a adoção é:

$$J C_1(m,n) - J C_0(m,n) > C_e \quad (1)$$

A equação simplesmente quer dizer que a firma adotará a nova tecnologia no tempo t , se o lucro das usuárias for superior ao seu pelo menos na magnitude dos custos de adoção da nova tecnologia. Ou seja, é o efeito demonstração da lucratividade da nova tecnologia que induz a imitação.

Como C_e diminui no curso da difusão e os lucros extraordinários também, o ritmo da difusão depende do comportamento destas duas variáveis: se o custo de adoção cai mais rapidamente que o lucro extraordinário, a difusão é mais rápida; e será mais lenta se a recíproca ocorrer. No entanto, não está explícito o que determina esta relação. Se a hipótese adotada for a de concorrência perfeita, pode-se assumir que o lucro extraordinário diminui à medida que a oferta na indústria aumenta como efeito da difusão da inovação e portanto, os preços caem. Mas quanto aos custos de adoção, nada pode ser dito, a não ser que haja uma hipótese implícita de que os produtores da inovação operem com custos marginais decrescentes ou que exista uma curva de aprendizado, como nos modelos de Mansfield ou Stoneman.

Este modelo considera que as firmas são idênticas, mas existem modelos neoclássicos que explicam o processo de difusão justamente pela diversidade das características das firmas, introduzin-

do explicitamente a noção de heterogeneidade. é o que será tratado a seguir.

1.5 "Probit Models"

Os "Probit Models" mantêm as hipóteses de que as informações são perfeitas (no caso de difusão inter-firmas), de que a tecnologia é incorporada nos bens de capital ("capital embodied") (Stoneman, 1985, p.8) e de que os lucros não são declinantes no curso do processo de difusão. Dadas estas premissas, considera-se que as firmas são heterogêneas, diferenciadas por uma característica eleita por cada modelo, que é distribuída pela população de adotantes potenciais. Considera-se, ainda, que existe um valor crítico para esta característica particular que, se inferior ao da firma (i), induz a adoção instantaneamente. Este valor crítico é suposto como variável à medida que a difusão procede. Assim, se este valor diminui, outras firmas adotarão a inovação. Como exemplo desta abordagem, será visto um modelo que elege o tamanho da firma como variável crítica (vide Soete, 1985, p.411).

O modelo que será descrito é de David, citado por Stoneman (1983, pp.97-98).

Hipóteses

- 1- A inovação é incorporada nos bens de capital ("capital embodied");
- 2- Ela implica custos fixos superiores à tecnologia substituída e;
- 3- Em custos variáveis inferiores;
- 4- é poupadora de mão de obra;
- 5- A estrutura da indústria não se modifica no curso da difusão.

Considere-se (C) como o custo de compra do equipamento e (R) como a taxa de retorno esperada, definida por:

$$R = r(1 - e^{-rd})^{-1} \quad (1)$$

onde r é a taxa de juros e d o período de vida útil do equipamento. Defina-se ainda L_o , como a mão de obra economizada por unidade produzida e w como a taxa de salários da firma. Ainda $\bar{X}$ como o valor crítico do tamanho da firma, medido pela sua produção. Assim, a fórmula geral do modelo é a que segue:

$$\bar{X} w L_o = CR \quad (2)$$

ou,

$$\bar{X} = \frac{1}{L_o} \frac{CR}{w} \equiv \frac{1}{w} \frac{1}{L_o} \quad (3);$$

onde $w = w/CR$ (4).

Para se obter uma trajetória de difusão é necessário que $\bar{X}$ mude no tempo (supõe-se que a distribuição do tamanho das firmas é constante, definida pela função normal $f(X_i)$). Uma das possibilidades para a geração da trajetória é a de os custos relativos da mão de obra crescerem em relação ao custo do capital (w). Assim, a equação que define a diminuição do valor crítico devido ao aumento do preço relativo da mão de obra vis à vis ao do fator capital é:

$$\frac{D\bar{X}}{dt} = -\bar{X} + \frac{dw}{dt} \frac{1}{w} \quad (5)$$

Considerando que

$$(dw/dt)(1/w) = \lambda \quad (6)$$

pode-se derivar as equações que definem a difusão inter-firmas, como segue:

$$D_t \equiv \Pr(X_i > \bar{X}) = \int_{\bar{X}}^{\infty} f(X_i) dX_i \quad (7),$$

donde,

$$\frac{D_e}{dX_e} = -f(X_e) \quad (8)$$

e;

$$\frac{dD}{dt} = \frac{dD}{dX_e} \frac{dX_e}{dt} = f(X_e) \lambda X_e \quad (9)$$

A equação (9) define um trajetória de difusão sigmóide .

O modelo de David resgata um dos determinantes do modelo de Mansfield, o tamanho da firma (no modelo inter-firmas de Mansfield, implícito na variável independente K). Mas, como Mansfield, considera que tanto o tamanho da firma quanto a estrutura da indústria não se modificam no processo de difusão, o que torna seu modelo essencialmente estático e mecânico (veja Soete, p.412). Se, por um lado, o modelo de David trata a decisão de inovar como uma decisão de investir, baseada num cálculo econômico explícito, formalmente semelhante ao keynesiano (veja equação (1)), por outro, ao adotar a hipótese de informações perfeitas dos agentes, deixa de considerar as incertezas e riscos inerentes a esta decisão, retrocedendo, pelo menos neste ponto em particular, a uma análise pré Mansfield, já que este último, mesmo dando um tratamento inadequado ao risco, o incorpora como determinante do pro-

cesso de difusão. Tanto é assim que a decisão de adotar a inovação em David é instantânea, bastando o valor crítico do tamanho ser inferior ao da firma decisória (ver equação (7)).

O que é importante reter deste modelo é que ele não permite que a tecnologia se desenvolva no processo de difusão, o que certamente exigiria considerar a possibilidade de uma mudança de preços relativos, no sentido de uma diminuição de C . Assim, o processo de difusão ocorreria em função não dos aumentos do custo da mão de obra, mas da diminuição dos custos de capital como resultado de inovações incrementais, num processo iterativo em que a difusão afeta a geração de inovações incrementais que, por sua vez, incentivam o ritmo de adoção, dinâmica esta condicionada pelos próprios limites de geração de inovações incrementais (veja Metcalfe(1981, pp.351-352) e Soete(1985, p.412)). Esta hipótese exigiria também que a população de adotantes potenciais não fosse considerada como constante, pois a redução de custos possibilitada pelas inovações incrementais afetaria firmas que antes estavam excluídas deste universo.

1.6 "Vintage Models"

Os "Vintage Models" introduzem uma questão interessante, que é a de se existe algum motivo racional para se manter as velhas tecnologias. Todos os modelos vistos até aqui (à exceção de Stone-

man) simplesmente ignoram que a indústria trabalha com um "mix" de tecnologias, de várias gerações, que não é instantaneamente convertido para uma nova tecnologia emergente, mesmo que comprovadamente superior às anteriores. A hipótese dos "Vintage Models" é consideravelmente realista, apesar da sua formalização ser neoclássica e baseada num modelo de concorrência perfeita.

Existem vários modelos que podem ser classificados como "Vintage Models", mas apenas um será tratado aqui como exemplo dessa abordagem, o chamado "putty-clay model" descrito por Stoneman (1983, pp.113-115). As premissas do modelo consideram as que já enumeramos nos "probit models", acrescentando as seguintes:

- 1- Novos investimentos são sempre feitos em máquinas de última geração;
- 2- As máquinas mais velhas em uso cobrem apenas custos de operação;

Considere-se que o preço p , determinado pelo mercado em concorrência perfeita, cobre, nas plantas mais novas, os custos de operação e os custos de capital; e que o preço p , nas plantas mais velhas, cobre apenas os custos de operação. Considere-se ainda que uma nova tecnologia incorporada nos bens de capital ("capital embodied") torne-se disponível, permitindo que as firmas que a adotem, operem com lucros supra-normais, gerando investimentos em novas plantas, o que aumenta a capacidade de produção da

Indústria e a oferta de produtos. Este aumento de oferta reduz os preços de mercado, fazendo com que as plantas mais velhas passem a ter prejuízos, pois, nestas circunstâncias, seus custos de operação são superiores ao preço de mercado de seus produtos (veja hipótese (2) acima). Os novos investimentos ocorrerão até o preço de mercado se equilibrar, ou seja, atingir o nível que elimina os lucros supra-normais das plantas mais novas.

Outra forma da difusão ocorrer é considerando uma modificação de preços relativos (na descrição acima os preços relativos não se modificam). Neste caso, se os salários reais crescerem, por exemplo, haverá sucateamento das plantas mais velhas e novos investimentos serão feitos na melhor tecnologia disponível.

Pode-se resumir a importância desta abordagem nas próprias palavras de Stoneman:

" A força do modelo de safra é que ele ilustra que é perfeitamente racional para os empresários usar a velha tecnologia, mesmo quando existem técnicas mais atualizadas. Essencialmente, máquinas antigas podem ainda contribuir para a lucratividade se o preço cobre os custos de operação e, portanto, vale a pena usá-las enquanto prevalece esta condição. Somente quando o aparecimento de novas máquinas reduz os preços abaixo dos custos de operação elas são substituídas." (Stoneman, 1983, p.115) (Tradução do Autor)

1.7 Os Modelos de Oferta e Demanda

Os modelos descritos nas seções acima são todos modelos

centrados no uso de novas tecnologias, não considerando, em momento algum, os fatores de retardamento da difusão que tenham origem na oferta da nova tecnologia, ou na interação entre os "dois lados do mercado". Existem vários modelos que tratam desta questão, mas, como esta dissertação restringe-se ao tratamento exclusivo da difusão de uso, esses modelos não serão detalhados. No entanto, é necessário registrar alguns de seus principais argumentos, pois são elementos necessários à análise realizada no capítulo 3.

Metcalfe critica a ênfase dos modelos convencionais de difusão na lucratividade apenas dos adotantes potenciais, com o seguinte argumento:

"A ênfase na pesquisa sobre difusão está na percepção dos adotantes potenciais quanto à lucratividade advinda do uso da inovação, mas o que é dito quanto à lucratividade percebida pelos produtores da inovação? Certamente este ponto é de igual importância, à medida em que a inovação só pode difundir-se se ela for produzida. Mais ainda, alta lucratividade para os produtores poderia implicar baixa lucratividade para os adotantes. O lado da oferta é negligenciado e, com ele, a questão de como a lucratividade em se adotar e produzir a inovação é determinada. A lucratividade influencia o ritmo de difusão mas, igualmente, o ritmo da difusão irá influenciar a lucratividade." (Metcalfe, 1981, p. 350) (Grifo e Tradução do Autor)

Outro ponto importante levantado por Metcalfe refere-se ao caráter instantâneo da decisão de adoção, típico dos modelos convencionais. Ele argumenta que, mesmo que as incertezas não fossem fatores de retardamento suficientemente fortes para descartar uma

adoção instantânea, haveria que se considerar o tempo de construção dos equipamentos, que certamente não é instantâneo (Soete, 1985, p.412).

1.8 A Crítica Neo-Schumpeteriana aos Modelos Neoclássicos

Os modelos neoclássicos são essencialmente estáticos e determinísticos, construídos com base em hipóteses de tendência ao equilíbrio de longo prazo e em regras comportamentais definidas por padrões maximizadores. No entanto, as inovações tecnológicas incluem-se num ambiente de decisões fortemente marcado por incertezas e pela diversidade estrutural e comportamental dos agentes decisórios, que não se restringem apenas às percepções diversas quanto ao risco de se inovar, seja no uso ou na produção de novos produtos e processos. A abordagem neo-schumpeteriana vem romper com o paradigma neoclássico nos estudos sobre geração e difusão de inovações tecnológicas, introduzindo uma visão dinâmica deste processo, admitindo a diversidade como elemento básico e tratando a tecnologia não mais como uma variável exógena, perturbadora de um "equilíbrio" prévio, mas como condição e resultado de um permanente movimento de destruição e criação das estruturas industriais, que segue um padrão evolutivo e inerentemente instável. No sentido de apresentar esta nova abordagem, dentro do contexto da

trajetória teórica da literatura sobre difusão tecnológica, será feita uma exposição que, ao mesmo tempo, critica o paradigma neoclássico e delinea alguns dos principais instrumentos da análise neo-schumpeteriana, que serão tratados em maior detalhe na seção 1.9.

Os pressupostos básicos do paradigma neoclássico, no estudo da difusão de inovações, são os seguintes: a) a noção de tecnologia como bem livre ("free available good") ; b) as regras de decisão baseadas em pressupostos maximizadores; c) a hipótese da homogeneidade dos agentes ; d) a análise de inovações tecnológicas singulares. A crítica de cada um destes pressupostos é feita a seguir.

A) A Noção de Tecnologia como Bem Livre ("Free Available Good")

Em todos os modelos neoclássicos tratados nas seções anteriores, a inovação (no caso de processos) aparece como incorporada ao capital. O acesso a ela é uma mera relação de compra e venda. No entanto, a tecnologia está longe de se configurar como um bem disponível, pois envolve um complexo processo de aprendizado, tanto na sua produção como no seu uso, incluindo elementos de natureza técnica e econômica.

Dosi (1984, 1985, 1986) observa que a tecnologia possui vários graus de oportunidade, cumulatividade, "tacitividade" e apropriabilidade econômica. A noção de cumulatividade incorpora a idéia de competência tecnológica diferenciada, que está associada à própria história tecnológica da firma. Portanto, a experiência concreta da firma no seu ramo determina sua aptidão para usar ou produzir uma determinada tecnologia. Mas, isto não é tudo, pois a história da firma pode estar registrada, o que permitiria uma transferência, não muito simples, mas possível, de sua experiência, através da venda destas informações. No entanto, existe uma série de conhecimentos acumulados que são de caráter tácito, não registrados, que compõem a cultura da empresa e que não são passíveis de transferência, pois que pessoais, que estabelece a "tacitividade".

A noção de apropriabilidade exige dois cortes básicos: se a difusão é de uso ou de produção; e se a inovação é endógena ou exógena. (ver apêndice ao capítulo 1). Se for uma difusão de produção de uma inovação endógena, a firma não transferirá sua tecnologia enquanto não se apropriar dos resultados de sua posição monopolista e estiver bem avançada na sua curva de aprendizado, para não gerar suas próprias concorrentes. Portanto, o acesso das outras firmas depende das estratégias envolvidas, tanto da firma inovadora como das concorrentes (ver Freeman, 1974, cap. 8 e Dosi, 1984, cap. 3). Se se tratar de uma difusão de uso de uma inovação exógena, a firma produtora da tecnologia transferirá apenas as informações básicas para a adoção da tecnologia, estando assim o

desenvolvimento da competência de uso condicionada à cumulatividade e tacitividade da firma adotante.

B) As Regras de Decisão Baseadas em Pressupostos Maximizadores

O paradigma analítico neoclássico condiciona a conduta decisória das firmas à maximização de lucros ou de funções de utilidade. No entanto, o fenômeno da geração e difusão de novas tecnologias envolve incertezas e riscos, muitas vezes imponderáveis, não redutíveis ao cálculo probabilístico, como faz, entre outros, Stoneman, e tampouco por um processo de aprendizado à la Mansfield. Num ambiente caracterizado pela variedade de condutas e de competências tecnológicas e pela intervenção institucional regulatória, cálculos racionais quanto à produção e adoção de novas tecnologias nem sempre são a solução mais eficiente (Dosi et alii., 1986, p.4), fato de que exige a formulação de uma nova regra comportamental:

"...os autores" [Nelson e Winter] "se dão conta de que a racionalidade econômica aponta, na verdade, não para a otimização de um objetivo bem definido sob condições bem delineadas, mas para a adoção de um comportamento cauteloso e defensivo..." (Possas, 1988, p.7)

Os neo-schumpeterianos substituem a regra da maximização pelo procedimento heurístico ("rules of thumb"), onde o aprendizado é feito por um processo de acumulação de experiências, que resultam da tentativa e erro e de um intenso "feed back" com o mercado,

que é o "locus" da seleção "ex post" da atividade inovativa. Este procedimento não implica um vôo às cegas; pelo contrário, é embasado em fortes prescrições estabelecidas pelo paradigma tecnológico e sua trajetória (Dosi) ou pelo regime tecnológico e suas trajetórias naturais (Nelson e Winter). Este mecanismo de "feed-back" integra teoricamente os três momentos do processo inovativo, vale dizer, a invenção, a inovação e a difusão, pois se o "locus" da seleção "ex post" é o mercado, é justamente o ritmo e a direção da difusão que fornecem os parâmetros para a reavaliação da atividade inovativa.

C) A Hipótese da Homogeneidade dos Agentes

Nem todos os modelos neoclássicos, vistos até o momento, adotam esta hipótese, mas é muito frequente o seu uso, o que justifica caracterizá-la como elemento básico do paradigma neoclássico.

A principal refutação a esta hipótese está relacionada à sua total falta de aderência à realidade. De fato, o ambiente industrial é essencialmente assimétrico e não é preciso mais do que uma consulta a um censo para constatar isto. Por outro lado, esta hipótese tem também um outro problema relevante, pois ela não é sequer usada como um ponto de partida analítico, onde a difusão das inovações apareceria como o elemento perturbador de uma posição de

equilíbrio, que geraria assimetrias na estrutura industrial após o término do processo de difusão, ainda que resultando numa nova posição de equilíbrio. Basta estudar qualquer dos modelos descritos anteriormente para perceber que, mesmo naqueles que consideram a diversidade de características das firmas da indústria, o processo de difusão não modifica a estrutura da indústria (ver "Probit Models") : ou seja, o processo de difusão não exerce qualquer papel de transformação e mudança. A obstinação neoclássica em isolar o fenómeno difusão de outros fenómenos chega ao máximo em Mansfield, que mantém invariável em seus modelos a lucratividade, o tamanho e a liquidez da firma no processo de difusão, o que extrapolou os limites da visão estática dos próprios neoclássicos e lhe mereceu críticas duras de seus colegas (ver Stoneman, 1983, p.76).

As características do processo inovativo, vale dizer, a acumulatividade, a oportunidade, a tacitividade e a apropriabilidade, apontam para a diversidade da indústria, que pode ser resumida em três tipos de assimetrias: as assimetrias tecnológicas, resultado mesmo da acumulatividade e tacitividade, que implicam em competências tecnológicas diversas para gerar e adotar inovações; a variedade tecnológica, como resultado da heurística particular de cada firma ; e a diversidade comportamental, resultado de critérios e procedimentos distintos das firmas, relacionados à avaliação da apropriabilidade e oportunidades tecnológicas e também à gestão cotidiana , que envolve decisões nas quantidades de produção, no estabelecimento de margens de lucro, volume de investimentos, comercialização, etc. (ver Dosi et alii., 1986, pp.6-8 e Possas,

1988, pp.24-25). Esta diversidade é dado e resultado do processo inovativo, sendo ela mesma a força motriz da dinâmica industrial e de sua transformação progressiva. Portanto, a adoção da hipótese de homogeneidade dos agentes, além de ser muito forte, é um impedimento para a análise da dinâmica industrial.

D) A Análise de Inovações Tecnológicas Singulares

Os modelos neoclássicos sempre analisam a difusão de tecnologias singulares, que não se desenvolvem no curso da difusão. Apesar desta hipótese ser útil para o estudo da difusão de inovações derivadas, ela é claramente inadequada para as inovações disruptivas, já que estas geralmente estão associadas a um "cluster" de inovações, que constituem um novo paradigma tecnológico. A questão relevante, neste caso, é se o paradigma tecnológico tem força suficiente para se constituir num regime tecnológico, ou se já, tornar-se dominante na estrutura da economia. Freeman e Perez(1986) enfatizam que um novo paradigma surge dentro do antigo e só quando este último apresenta fortes limites à sua continuidade, expressos na queda da produtividade e da lucratividade, é que o novo paradigma passa a constituir uma alternativa real (no capítulo 2 são analisados alguns dos sintomas do esgotamento do paradigma técnico eletro-mecânico). Mas, esta alternativa deve ser

1.9 A Abordagem Neo-Schumpeteriana: a visão de Giovanni Dosi

As primeiras seções deste capítulo trataram das abordagens convencionais do processo de difusão, fundadas no paradigma analítico neoclássico. Como foi visto, a ênfase dessas abordagens está em verificar os determinantes e a forma das trajetórias de difusão de inovações de produtos e processos. Na presente seção, apresentar-se-á uma alternativa teórica às abordagens convencionais: a abordagem neo-schumpeteriana. No entanto, a intenção, aqui, não será a de percorrer exaustivamente toda a literatura sobre o assunto e, tampouco, delinear as visões dos diversos autores que representam a nascente escola neo-schumpeteriana, o que estaria além dos limites desta breve resenha ¹. No sentido de apresentar a nova corrente, a exposição será centrada na contribuição de Giovanni Dosi que, em conjunto com outros pesquisadores da Universidade de Sussex, vem desenvolvendo relevantes trabalhos teóricos sobre o tema da geração e difusão de novas tecnologias.

A abordagem neo-schumpeteriana tem como objetivo básico construir uma explicação teórica sobre a dinâmica industrial, tendo na atividade inovadora o princípio motriz do processo de trans-

(1) Para uma competente revisão, consultar Possas (1988).

formação das estruturas industriais (daí seu caráter schumpeteriano). Neste sentido, as inovações não são dados do problema, mas elementos explicativos do fenômeno de desenvolvimento e, portanto, variáveis endógenas ao modelo teórico. Assim, sua busca está em determinar quais as características básicas das inovações que as tornam fator de mudança econômica e estrutural (c.f. Possas, 1988, p.21)).

Dosi observa que o processo de geração e difusão de inovações apresenta, tanto em sua dimensão tecnológica como em sua dimensão econômica, perfis de irreversibilidade. Quanto à sua dimensão tecnológica, ele utiliza a noção de paradigma tecnológico, entendida como "um modelo ou padrão de solução de problemas tecnológicos selecionados, baseado em princípios derivados das ciências naturais e em procedimentos tecnológicos selecionados" (Dosi, 1984, p.14) (Tradução do Autor). Este padrão de solução é construído, de forma não necessariamente intencional, através de uma intensa busca baseada em procedimentos heurísticos, tentativos, que resultam em capacidades tecnológicas distintas (ou assimetrias tecnológicas) intra e inter indústrias. Portanto, tem-se, aqui, a primeira fonte de vantagens competitivas irreversíveis e diferenciadas. O padrão de realização deste paradigma, denominado por Dosi de trajetória tecnológica, aprofunda as assimetrias, na medida em que o padrão estabelecido "ex-ante" pelo paradigma pode ser redirecionado "ex-post" pelos mecanismos de seleção das inovações no mercado. Desta forma, a percepção particular de cada firma em relação aos sinais de mercado, que gera uma grande diversidade

comportamental, preside a escolha entre várias trajetórias tecnológicas possíveis dentro de um mesmo paradigma e, portanto, direciona o progresso técnico. Assim, nesta visão, a direção do progresso técnico tem uma dupla determinação: tecnológica, segundo o padrão estabelecido pelo paradigma tecnológico, e econômica, através dos mecanismos de seleção estabelecidos pelo processo de concorrência. E mais, os processos de geração e difusão de inovações estão integrados através de um intenso "feed-back" entre as prescrições vigentes em cada paradigma e sua eficácia na concorrência schumpeteriana.

Existem ainda outras fontes de irreversibilidade associadas à geração e imitação/adoção de tecnologias, vale dizer, a cumulatividade, a apropriabilidade e as oportunidades tecnológicas. A cumulatividade reúne elementos da história tecnológica da firma que determinam sua capacidade tecnológica para desenvolver/imitar/adotar inovações (ver Dosi, 1984, p.88). Assim, o ritmo de geração/difusão de inovações depende, entre outros elementos, do sucesso da experiência específica de cada firma, estabelecendo uma hierarquia na capacidade de inovação inicial entre firmas e até países (Dosi, 1984, p.88). A apropriabilidade privada traduz o retorno econômico propiciado pelo progresso técnico e é a expressão do processo de seleção realizado no ambiente concorrencial. E, a oportunidade tecnológica refere-se à facilidade em se realizar determinadas inovações segundo as prescrições do paradigma tecnológico e as expectativas de apropriabilidade econômica (Dosi, 1984, pp.88-89). Assim, as oportunidades tecnológicas estabelecem dife-

rentes possibilidades nos ritmos da atividade inovativa entre firmas e indústrias. Nas palavras de Dosi "...é intuitivo que a oportunidade tecnológica na eletrônica seja muito maior que, digamos, na de vestuário..." (Dosi, 1984, p.88) (Tradução do Autor). De outra forma, quanto mais próximo se está da fronteira tecnológica - definida como o nível mais elevado da trajetória quanto às dimensões tecnológicas e econômicas (Possas, 1988, p.23) - menor a atividade inovativa. Esta última característica revela de forma clara o perfil da irreversibilidade no processo de mudança tecnológica.

Todas estas características, como já visto na seção anterior, negam a hipótese de homogeneidade das firmas da indústria e apontam para um ambiente concorrencial onde predominam a diversidades e as assimetrias estruturais e comportamentais e, para um processo cumulativo de vantagens competitivas que atuam como um forte mecanismo de exclusão/seleção. Cabe agora, para completar esta breve exposição sobre a abordagem neo-schumpeteriana, segundo a visão de Dosi, relacionar os padrões de inovação e difusão aos padrões setoriais da dinâmica industrial.

Segundo Dosi et alii (1986) o processo de geração e difusão de inovações apresenta tanto mecanismos de seleção como mecanismos de aprendizado que interagem com a dinâmica inovativa. Os mecanismos de seleção estão associados ao processo de aprofundamento das vantagens competitivas das firmas líderes, enquanto os mecanismos de aprendizagem atuam no sentido de difundir o potencial inovativo e imitativo das firmas da indústria (c.f. Possas, 1988, p.25 e Dosi

et alii., 1986, p.8).

Os mecanismos de aprendizado ocorrem basicamente através de três modalidades : a) esforços de pesquisa e desenvolvimento, b) processos informais, cumulativos, de difusão de informações entre firmas, notadamente o "learning-by-doing" e o "learning-by-using" e, c) de externalidades intra e inter industriais, que incluem difusão de informações, mobilidade de mão de obra e o crescimento de serviços especializados (c.f. Dosi et alii., 1986, p.8). Os mecanismos de seleção envolvem tanto a sanção pelo mercado das inovações quanto as possibilidades estabelecidas pela trajetória tecnológica e, portanto, critérios "ex-ante" de avaliação das expectativas relacionadas à apropriabilidade privada e às oportunidades tecnológicas, e critérios "ex-post" de decisões empresariais, no sentido de redefinir a estratégia da mudança tecnológica frente às reações do mercado às inovações (c.f. Possas, 1988, p.25).

Os mecanismos de seleção e aprendizado junto com as características tecnológicas estabelecem diversos padrões de difusão e geração de assimetrias intra e inter indústrias, que são descritos por Dosi (Dosi et alii., 1986, p.9 e seguintes) através da apropriação de uma taxonomia de setores industriais proposta por Pavitt (1984).

A taxonomia de Pavitt permite identificar quatro grupos relevantes de indústrias. São elas: a) as "dominadas-por-fornecedores" ("supplier-dominated"), onde as inovações são exógenas (ver

apêndice ao capítulo 1), geradas por firmas fora da indústria e essencialmente incorporadas aos bens de capital. Nessas indústrias (têxtil, vestuário, editorial e gráfica, etc), o processo de difusão ocorre através da adoção dos bens de capital e insumos intermediários mais atualizados tecnologicamente ("up-to-date"); b) as "intensivas-em-escala" ("scale-intensive"), em que as inovações são endógenas, tanto as de produtos como as de processos. Estas indústrias se caracterizam por significativas economias de escala, por tenderem a produzir sua própria tecnologia e realizarem altos gastos com P&D. Estão incluídas neste grupo as indústrias de material de transporte, eletrônica de consumo, vidro e cimento, entre outras; c) os "fornecedores-especializados" ("specialized-suppliers"), são os geradores de inovações de produto e atuam em contato direto com os clientes e são especializados em projetos de engenharia industrial e; d) os "intensivos-em-ciência" ("science-based") onde as inovações estão diretamente relacionadas ao paradigma tecnológico e são resultado de uma intensa atividade de P&D. Seus produtos têm penetração em vários setores econômicos e as firmas tendem a ser grandes (ex: indústria eletrônica e indústria química).

A relação da taxonomia de Pavitt com as características básicas da tecnologia e com os mecanismos de difusão fornece uma importante referência para a análise da mudança tecnológica nas estruturas intra e inter industriais. Nas indústrias "dominadas pelos fornecedores", como as inovações são exógenas, espera-se que a apropriabilidade privada das inovações seja baixa e que as oportu-

nidades tecnológicas sejam determinadas externamente à indústria, nos setores produtores de bens de capital e de insumos intermediários. O processo de difusão é determinado basicamente pelos mecanismos de aprendizado, principalmente os informais, num processo epidêmico de difusão de informações (Dosi, 1986, p.10). Já nas indústrias "intensivas-em-ciência", espera-se que tanto a apropriabilidade quanto as oportunidades tecnológicas sejam grandes, resultantes das atividades de P&D. Nelas a difusão é determinada basicamente pelos mecanismos de seleção e as vantagens competitivas obtidas, significativas. Por último, as "intensivas-em-escala" apresentam combinações dos processos descritos nos tipos ideais apresentados acima. Nelas, os mecanismos de aprendizado têm um importante papel, tanto no uso como no desenvolvimento de bens de capital. Por outro lado, prevalecem: a) efeitos sinérgicos na produção e uso de várias inovações, frequentemente internalizadas via integração vertical e horizontal; b) a exploração de economias de escala associadas ao desenvolvimento e adoção de tecnologias e; c) um processo de busca/aprendizado através de P&D e de mecanismos informais de aprendizado. Desta forma, aqui predominam tanto a difusão via seleção como a difusão via aprendizado (Dosi et alii., 1986, p.12).

Para finalizar, falta expor como as formas de diversidade (assimetrias tecnológicas, variedade tecnológica e diversidade comportamental (ver seção 1.8) estão relacionadas ao processo de difusão. Dosi propõe duas questões básicas a este respeito : a) como as condições iniciais de assimetria afetam o padrão de di-

fusão? e; b) como os diferentes mecanismos de difusão mudam os padrões de diversidade no tempo (Dosi et alii., op.cit., p.13). Neste sentido, ele lança algumas hipóteses qualitativas que serão vistas a seguir.

Dosi sugere que tanto a média da capacidade tecnológica como seu padrão de dispersão são importantes na determinação do ritmo e do padrão de difusão. Desta forma, lança a hipótese de que a difusão é mais rápida, para uma dada tecnologia, onde a média da capacidade tecnológica é maior, com a justificativa de que nesta condição é maior a habilidade das firmas em avaliar as propriedades das inovações, trocar informações com fornecedores, etc. Por outro lado, na existência de significativas assimetrias tecnológicas iniciais, o padrão de difusão é determinado pelos mecanismos de seleção e, portanto, do aprofundamento das vantagens competitivas que conduz a uma concentração da estrutura industrial pela exclusão das firmas mais atrasadas tecnologicamente ou pela captura de suas parcelas de mercado. Ainda, quando a média da capacidade tecnológica é baixa, o ritmo de difusão pode ser maior através da geração de maiores níveis de assimetrias ou, inversamente, para um nível baixo de assimetria, dado um mesmo nível baixo de capacidade tecnológica média, o ritmo de difusão pode ser maior e dominado por mecanismos de aprendizado, pois existe uma maior facilidade na difusão por imitação (Dosi et alii., 1986, p.14).

Em síntese, segundo as próprias palavras de Dosi:

"... a distribuição inicial das parcelas de mercado de firmas que apresentam diferentes capacidades tecnológicas influencia o ritmo e o padrão de difusão. Em suma, a dinâmica das estruturas de mercado depende dos graus de adequação entre a distribuição de parcelas de mercado e a distribuição de capacidades tecnológicas. Quanto menor for a adequação, ceteris paribus, mais os diferentes graus de competitividade das várias firmas irão perturbar as parcelas e estruturas de mercado." (Dosi et alii, 1986, p.14) (Tradução do Autor)

A segunda forma de diversidade que deve ser considerada é a variedade tecnológica. Neste caso, a escolha entre tecnologias concorrentes, quando as capacidades tecnológicas são uniformes, dependerá da presença da variedade tecnológica (existência de firmas com diferentes capacidades tecnológicas, critérios de escolha técnica, procedimentos de busca, etc.), que pode facilitar a aceitação e absorção de uma nova tecnologia, "exceto quando esta variedade for tão grande que torne dispersivos os esforços individuais e evite que uma opção tecnológica específica se torne suficientemente vantajosa em rentabilidade." (Possas, 1988, p.30).

Por último, a diversidade comportamental afeta tanto o ritmo de difusão como a importância relativa dos mecanismos de seleção e aprendizado no processo de difusão. Neste sentido, as expectativas tecnológicas e de mercado (para uma tipologia, ver Freeman (1974, cap.7) podem determinar o ritmo de exclusão e de captura de parcelas de mercado das firmas mais atrasadas. Assim, a agressividade das empresas inovadoras pode ser rapidamente premiada pela conquista de vantagens competitivas irreversíveis e resultar num ritmo acelerado de difusão. Por outro lado, os mecanismos de seleção podem também resultar na inibição da difusão de uma determina-

da tecnologia, no caso desta última apresentar baixa rentabilidade inicial, pois não teria tempo de se desenvolver em razão do sucesso das estratégias agressivas conduzidas pelas empresas líderes.

CAPÍTULO 2

A AUTOMAÇÃO FLEXÍVEL

2 INTRODUÇÃO

No capítulo 1, desenvolveu-se uma revisão das principais teorias econômicas da difusão tecnológica, nas várias vertentes da análise neoclássica, como também a crítica neo-schumpeteriana aos fundamentos deste paradigma analítico. Assim, realizou-se uma primeira aproximação ao tema desta dissertação, mas sem considerar uma inovação concreta. Já no presente capítulo, o objetivo é sair desta esfera abstrata de abordagem e introduzir a descrição de um tipo particular de inovação de processos, a automação flexível, para posteriormente, no capítulo 3, tratar da difusão desta nova tecnologia na indústria de autopeças brasileira.

Antes, porém, da descrição desta nova tecnologia, algumas considerações preliminares são necessárias no sentido de delimitar precisamente o tipo de automação flexível que será contemplada na presente análise. Este cuidado é relevante, pois a automação flexível pode ser aplicada a vários sistemas produtivos que, por terem naturezas distintas, implicam numa absorção de famílias também distintas de equipamentos eletrônicos. Identificar, portanto,

sistema produtivo em foco, além de cumprir o papel de simplificar a exposição, permite justificar a exclusão do tratamento de várias outras formas de automação com base técnica na microeletrônica. Assim sendo, é conveniente estabelecer-se, desde já, que a descrição da automação flexível feita nas próximas seções refere-se exclusivamente à sua aplicação aos processos discretos de produção, deixando-se de lado os processos contínuos, ambos definidos a seguir.

Os sistemas de produção discretos ou intermitentes implicam na possibilidade de identificação dos materiais em transformação, que preservam seus atributos físicos mesmo quando o processo é interrompido, conforme definem Ferro e Venosa:

"...são aqueles em que as transformações ocorrem a partir de sucessivas operações realizadas em diferentes postos de trabalho e os insumos, matérias-primas e produtos semi-acabados podem ser perfeitamente distintos dos produtos finais" (Ferro e Venosa, 1985, p.77)

A aplicação da automação flexível às indústrias que operam com sistemas discretos, é chamada de automação da manufatura. Os usuários mais frequentes deste tipo de automação são: a indústria eletroeletrônica, a indústria montadora de veículos automotores, a indústria de autopeças, a indústria mecânica, a indústria têxtil e outras.

Já os sistemas de produção contínuos implicam na impossi-

bilidade da identificação dos materiais em transformação, pois estes são objeto de reações físico-químicas que, se interrompidas fora do momento apropriado, não preservam as propriedades dos elementos envolvidos, podendo até danificar irreversivelmente os equipamentos industriais. Deste modo, o processo é contínuo devido à natureza do produto a ser transformado e não por razões estritamente econômicas. Ferro e Venosa os descrevem da seguinte forma:

"[são sistemas produtivos onde]... há transformações sucessivas, sem interrupção e sem a intervenção direta da força de trabalho humana, onde a matéria-prima e outros insumos não podem ser divididos em unidades separadas e distintas" (Ferro e Venosa, op. cit., p.77)

A aplicação da automação flexível às indústrias que operam com sistemas produtivos, onde são predominantes os processos contínuos, é chamada de automação de processos. Neste conjunto de indústrias inserem-se a indústria petroquímica, a indústria de cimento, a indústria de celulose, a indústria química, a indústria de alimentos e outras.

Feitas estas considerações é necessário definir também, o que é automação, estabelecer a diferenciação entre automação rígida e automação flexível, descrever as famílias de equipamentos utilizadas na automação flexível e seus atributos técnicos e eco-

nômicos. Estes são os objetos das próximas seções.

2.1. Definindo a Automação

Um ponto de partida interessante para se definir automação está no resgate dos elementos constitutivos dos processos de trabalho, em abstrato, assim como descrito por Marx :

" Os elementos componentes do processo de trabalho são:
1) a atividade adequada a um fim, isto é, o próprio trabalho;
2) a matéria a que se aplica o trabalho, objeto de trabalho;
3) os meios de trabalho, o instrumental de trabalho."
(Marx, 1976, p.202)

Aqui, o instrumento de trabalho aparece como meio que se coloca entre a atividade transformadora do ser humano e a matéria a ser transformada. Trata-se, portanto, de uma entidade extra corpórea, algo a ser manipulado, que depende da vontade humana, da sua capacidade de decisão, habilidade e destreza. Mas, o grau de domínio direto sobre o instrumento de trabalho depende do desenvolvimento e complexidade do próprio instrumento. A energia do ser humano pode ser dispensada no ato de manipulação do instrumento através de fontes artificiais de energia e, desta forma, o instrumento pode mover-se sem a intervenção direta da força humana. Mas, tornar a força humana dispensável não é suficiente para

instrumento se constituir num instrumento automático : ele ainda não transforma, não realiza um conjunto de operações que prescinde da ação direta e imediata do seu operador. Neste sentido, não há automação. A automação somente começa a ocorrer quando o instrumento passa a dispensar o comando humano de manipulação, incorporando, dentro de si, os meios que registram os movimentos necessários para atuar sobre o objeto de trabalho. Ou seja, quando a matéria, objeto de trabalho, é transformada sem o concurso direto, imediato da força de trabalho.

A medida que o instrumento passa a prescindir da ação direta e imediata do comando humano, a sua complexidade depende dos atributos humanos que são gradativamente nele incorporados. Nesta linha de abordagem, foram propostas várias tipologias, que permitem a análise da evolução da complexidade do instrumento de trabalho. Uma das tipologias clássicas é a de Bright, proposta no final da década de 50 (Kaplinsky, 1984, p. 21). Bright propõe uma tipologia baseada em 17 níveis, onde os parâmetros de avaliação considerados são três: a fonte de energia que move o instrumento, a fonte de controle do instrumento e o tipo de resposta do próprio instrumento. O instrumento menos complexo em sua tipologia é aquele em que tanto a fonte de energia como a fonte de controle são humanas: um machado por exemplo. O instrumento mais complexo é aquele que prescinde totalmente do comando direto e imediato do operador humano. Neste último nível, o instrumento é capaz de se autocontrolar, com base em informações que adquire no ambiente de operação, modificando seus modos operatórios em função de eventos

aleatórios. Este instrumento é capaz de antecipar ações requeridas no ambiente de operação e realizar os ajustes necessários para continuar seu programa operatório. O 17º nível da tipologia de Bright descreve com precisão os atributos previstos na trajetória tecnológica dos atuais meios de operação eletrônicos, e dos que ainda estão sendo desenvolvidos na fronteira tecnológica da automação flexível.

QUADRO 1
Níveis de mecanização e sua relação com as
fontes de acionamento e controle
(Tabela de James R. Bright)

Fonte de Controle Inicial	Tipo de Reação da máquina	Fonte de Acionamento em Acionamento Numérica	Nível	Nível de Mecanização
D E U H A	Modifica a própria ação numa ampla gama de variações		17) 16) 15)	Prevê a ação exigida e ajusta-se para produzi-la Corrige o desempenho durante operação Corrige o desempenho após a operação
V H A E R I I O A V A E H L B	Escolhe entre limitada gama de ações possíveis pré estabelecidas		14) 13) 12)	Identifica e escolhe adequado curso de ações Detém ou rejeita conforme dimensão Modifica velocidade, posição, direção, de acordo com sinal de dimensão
I E H N N O T E	Reage com		11) 10)	Registra o desempenho Assinala valores pré-escolhidos de medida (inclui sinal de erro)
D E U H N C I E A R S E T O U C R E E A O H N L P A I E R S E D H O U D E E A T C A O	Sinal Estabelecido no interior da máquina		9) 8) 7) 6) 5)	Mede característica da peça a ser trabalhada Acionada por introdução da peça ou matéria a ser trabalhado Sistema de ferramenta motriz com controle remoto Ferramenta motriz, controle de programa (sequência de funções estabelecidas Ferramenta motriz, ciclo estabelecido (função isolada)
H O D H O E H	Reage com ação variável		4) 3) 2) 1)	Ferramenta motriz, controle manual Ferramenta motriz manual Ferramenta manual Não

Quando estas tipologias foram desenvolvidas, era difícil prever que em poucos anos o desenvolvimento da informática possibilitaria que boa parte dos atributos delineados seriam incorporados às máquinas. Hoje, por exemplo, as máquinas-ferramentas a comando numérico computadorizado, em suas versões mais avançadas, corrigem seus modos operatórios enquanto estão operando, enquadrando-se no 16º nível da tabela Bright.

Não cabe aqui aprofundar uma discussão sobre o rigor da classificação citada, mas apenas tomá-la como indicação para as discussões realizadas adiante. Mas é preciso reter que a incorporação aos instrumentos de trabalho, de cada um destes atributos, representa desafios tecnológicos significativos, muitos deles já vencidos pela automação com base técnica na microeletrônica.

A tipologia de Bright (e outras também) é alvo de críticas quanto ao seu caráter restrito. Pode-se ver claramente que a preocupação do autor citado centrou-se nos instrumentos de trabalho empregados exclusivamente em atividades de transformação. No entanto, a transformação é apenas um dos momentos do processo de trabalho. Para que ela se realize, uma série considerável de outras atividades são necessárias, fato realçado por Bell, conforme citação transcrita de Kaplinsky:

"...[eles] sugeriram que a automação envolvia uma progressão hierárquica de controle. Ao contrário, argumentava Bell, o controle é apenas um dos distintos componentes da automação, sendo os

outros a transformação dos insumos e sua transferência entre postos de trabalho. Em cada uma dessas áreas existem graus de automação, mas um alto grau numa área não precisa necessariamente ser associado a um alto grau nas outras duas." (Kaplinsky, 1984, p. 23) (Tradução do Autor)

A identificação das limitações dos estudos de Bright feita por Bell, permitiu a Kaplinsky (1984) desenvolver uma tipologia bastante adequada para o estudo da automação microeletrônica e suas formas de integração. Kaplinsky incorpora as sugestões de Bell e vai mais além. Enquanto Bell se restringe à análise da automação na esfera da fabricação, Kaplinsky introduz mais duas esferas: a de projetos e a de coordenação. A esfera da fabricação engloba as atividades de manuseio de materiais, usinagem e estampa (forming), montagem, controle do processo, estocagem e distribuição (transformação, transferência e controle). A esfera de projeto inclui concepção de produtos e processos, desenho e cópias de projetos. A esfera da coordenação realiza a coleta, arquivo, análise e distribuição de todas as informações que circulam na firma, basicamente as referentes ao controle contábil, financeiro, de pessoal e comercial.

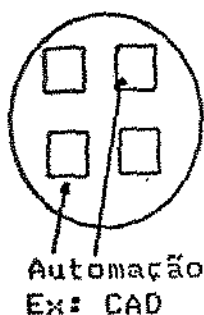
A análise de Kaplinsky permite o estudo da automação em cada uma destas esferas, segundo níveis de integração. Assim, ele considera três níveis de automação: a automação intra-atividade, ou seja, numa atividade particular dentro de uma esfera da produção. A automação intra-esfera, em que se dá a integração das atividades dentro de uma esfera. E, por último, a automação in-

ter-esferas integrando as atividades entre diferentes esferas: projeto e fabricação, projeto e coordenação, coordenação e fabricação e, coordenação-projeto e fabricação (ver figura 1). A automação intra-atividade é a forma mais simples, envolvendo a utilização não integrada de equipamentos automatizados: por exemplo, o emprego de uma ou mais máquinas-ferramentas a comando numérico na atividade de usinagem de metais, na esfera de fabricação, ou de CAD na esfera de projeto, ou mesmo de microcomputadores na esfera de coordenação, não interligados em redes. A automação intra-esfera já implica numa forma de integração de vários equipamentos em cada esfera em particular. Assim, o emprego de microcomputadores na esfera de coordenação, organizados em redes, permitindo a comunicação "on-line" entre vários departamentos desta esfera (vendas, compras, finanças etc) constitui uma automação intra-esfera, como também o emprego de CADs e terminais gráficos nas atividades de projeto de produtos, projeto de processos, "marketing" e na esfera de projetos. O mesmo ocorre quando máquinas a comando numérico são interligadas, formando uma célula flexível, ou ainda numa integração mais avançada, formando um F.M.S. (Flexible Manufacturing System), obtendo-se então, uma automação intra-esfera, na esfera da fabricação. Um exemplo de automação inter-esferas, é a integração da esfera de projeto com a esfera de fabricação, sendo a forma mais conhecida o CAD/CAM, que permite a iteração do CAD, da esfera de projeto, com as máquinas a comando numérico, da esfera de fabricação. A figura 1 apresenta o esquema geral destas formas de integração microeletrônica do processo produtivo.

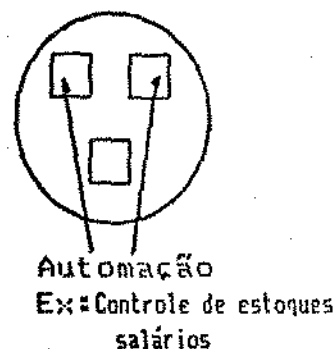
FIGURA 1
Organização da produção com o advento da automação microeletrônica
3 diferentes tipos de automação

A) Intra=Atividade

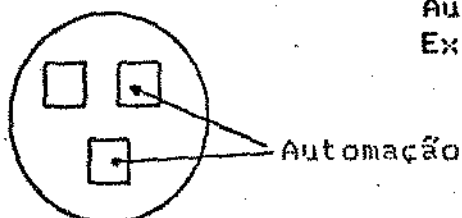
PROJETO



COORDENAÇÃO



FABRICAÇÃO



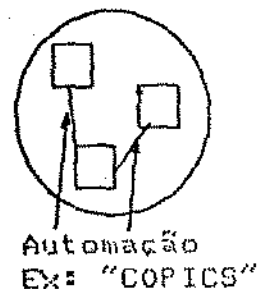
Ex: MFCN, Robôs

b) Intra=Esfera

PROJETO



COORDENAÇÃO

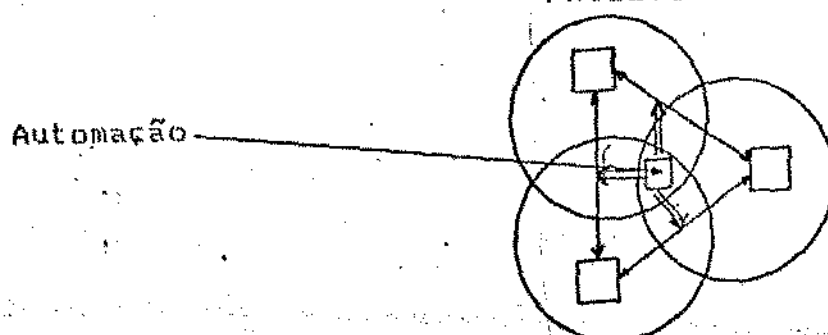


FABRICAÇÃO



C) Inter=Esferas

PROJETO



COORDENAÇÃO

PRODUÇÃO

Sistemas Flexíveis de Manufatura

Ex: CIM
(Manufatura Integrada
computador).

2.2 A Automação Flexível versus a Automação Rígida

O desenvolvimento da automação vem ocorrendo com a incorporação de diferentes meios de comando dos equipamentos: os meios eletromecânicos e mais recentemente, os meios microeletrônicos. A automação com base técnica na eletromecânica é geralmente denominada como automação rígida e aquela com base técnica na microeletrônica, como automação flexível. Estas denominações sintetizam os atributos básicos dos dois tipos de automação, a rigidez e a flexibilidade. Nas seções seguintes serão detalhados estes atributos e as limitações e as potencialidades destes dois tipos de automação.

2.2.1 Automação Rígida

Para uma definição adequada da automação rígida é conveniente tomar como ponto de partida a definição de produção em massa, segundo um corte tecnológico:

"... é a fabricação de produtos em grandes quantidades, através de instalações projetadas para esse fim." (Ferro e Venosa, 1985, p. 78)

Esta definição envolve dois elementos básicos característicos da automação rígida: a utilização de equipamentos dedicados a um pequeno conjunto de modos operatórios, de difícil modificação, e o grande volume de produção. Quando se trata de automatismos rígidos, com base técnica na eletro-mecânica, o volume de produção é essencial para justificar sua utilização. Isto porque a memória de máquina, que estabelece as sequências de operação, está incorporada organicamente à máquina:

"Na automação eletro-mecânica, as instruções de comando estão incorporadas nos próprios componentes mecânicos e elétricos que compõem a máquina. O curso das ferramentas está definido mecanicamente. Sua rigidez significa que qualquer alteração importante no comando (no tipo ou sequência de operações realizadas) implicaria a construção de uma outra máquina." (Carvalho, 1986, p. 80)

Existe, portanto, um imperativo tecnológico na produção com base técnica na eletro-mecânica: é preciso produzir em alta escala, para que ela seja rentável do ponto de vista econômico. Isto explica o fato da automação rígida não ter se difundido significativamente nas indústrias que operam sistemas de produção sob encomenda ou por ordens individuais e na produção seriada em pequenos lotes. Como será visto adiante, as características da automação flexível permitem que a automação também se difunda nestes tipos

de sistemas produtivos.

2.2.2 Automação Flexível

Uma vez realizada a definição da automação em geral e da automação rígida, é necessário definir-se o que é automação flexível. Antes, porém, é conveniente definir-se o que é flexibilidade. Coriat define flexibilidade de seguinte forma:

"... é a capacidade de adaptar os modos de operação e manipulação juntamente com as mudanças de tarefas." (Coriat, 1983b, p. 74) (Tradução do Autor)

Esta definição restringe-se à flexibilidade de uma máquina singular e não a um sistema de máquinas. Pode ser também aplicada a flexibilidade do trabalho humano. Aliás, antes do surgimento da automação flexível, a flexibilidade do sistema produtivo era exclusivamente embasada sobre o trabalho humano. Principalmente em sistemas produtivos unitários (sob encomenda) e de pequenas séries. A este respeito, vale citar Tauile:

"Nestas indústrias, a flexibilidade necessária à produção, para atender às constantes variações dos produtos, tem sido obtida através do trabalho humano. Operando máquinas-ferramenta universais, oficiais-mecânicos, detentores de alta qualificação profissional (tanto em termos de conhecimentos, como de habilidade e práticas) tem sido os responsáveis por garantir a versatilidade e flexibilidade da produção." (Tauile, 1984. in: Carvalho, 1986, p. 81)

Esta flexibilidade do processo produtivo, fundada na flexibilidade do trabalho humano, vem sendo novamente introduzida na produção de grandes séries, após quase um século de predomínio das técnicas fordistas e tayloristas de gestão da produção, através de inovações organizacionais, como as células de fabricação, como será visto adiante.

As considerações feitas acima, são importantes para realçar que a flexibilidade possibilitada pelos equipamentos microeletrônicos é de natureza distinta à da flexibilidade fundada no trabalho humano, pois eles permitem automatizar este atributo. Não apenas o equipamento isolado é flexível, o sistema de máquinas como um todo é flexível, com as operações de transformação, transferência e controle sob o comando de microprocessadores. Coriat define este tipo de flexibilidade integrada como linha flexível:

"Dir-se-á que uma linha é flexível se as máquinas-ferramentas programáveis que a compõem são capazes de reconhecer e aplicar sobre as partes, à medida que elas avançam, os programas operatórios que à elas correspondem." (Coriat, 1983b, p. 75) (Tradução do Autor)

A partir deste conceito, fica evidente a limitação da abordagem de Bright, incapaz de permitir o estudo de um processo de integração e flexibilização crescente da produção industrial. Neste sentido, a tipologia de Kaplinsky é muito mais adequada, mas também padece de algumas deficiências, pois se é útil para anali-

sar um dos principais atributos da automação flexível, a integração, pouco acrescenta em relação ao estudo das formas de flexibilidade. Nesta última questão, a contribuição de Coriat é decisiva. Para este autor, a flexibilidade do sistema produtivo também implica em vários graus ou níveis, que são 5 em sua tipologia:

- 1 - Flexibilidade de "Mix"
- 2 - Flexibilidade de Peças
- 3 - Flexibilidade com mudanças de projeto
- 4 - Flexibilidade para volumes
- 5 - Flexibilidade de roteiros

A flexibilidade de "mix", como o próprio nome sugere, envolve a possibilidade de uma mesma área de produção elaborar diferentes produtos, com características básicas semelhantes (Coriat, 1985a). É o caso, por exemplo, do uso de robôs nas seções de funilaria da indústria automobilística, que realizam operações de solda em carrocerias de modelos distintos de automóveis, ou de versões distintas de um único modelo, na mesma linha de produção.

A flexibilidade de peças implica em combinações de diferentes peças no mesmo processo. As versões de um mesmo modelo de produto, podem ter um grau de sofisticação diferente, dependendo do segmento de mercado que se pretende atingir. Um exemplo é o caso da Fox da VW do Brasil, que é uma versão para exportação do

Voyage vendido no mercado nacional, mas que apresenta 2000 modificações em relação ao modelo original. A utilização de equipamentos flexíveis, em casos como estes, é de importância visível.

A flexibilidade em relação às mudanças de projetos está na "capacidade de modificar rapidamente o processo para mudar as características a serem dadas a uma peça" (Coriat 1985a, p.25). Aqui Coriat explicita o tempo de ajuste do processo. É claro que estas mudanças podem ser feitas na base técnica eletromecânica, nos marcos da automação rígida, mas isto significaria praticamente construir uma linha nova, o que exige altos investimentos. Não é o caso dos automatismos micro-eletrônicos, pois o comando é agregado à máquina e sua sintaxe é dialógica e não analógica.

Outro nível de flexibilidade descrito por Coriat é a "flexibilidade de volumes", permitindo ao sistema produtivo adaptar-se às flutuações nas ordens de produção de uma peça, ou conjunto de peças, balanceando os ritmos, tempos de transição e de ferramentas. Este atributo permite uma redução de estoques de peças e processo, em comparação aos exigidos pela automação rígida, já que o tamanho dos lotes mínimos nesta última são determinados em função dos tempos de "set-up" dos equipamentos, normalmente longos. Na automação flexível, os tempos de "set-up" são bastante baixos, pois basta mudar o programa dos microprocessadores adaptados às máquinas e meios de transferência da linha flexível para transformar uma nova peça. Os meios de transferência automatizados podem ser também programados para ritmos de produção diversos.

tos, adaptando-se rapidamente às flutuações do volume de produção.

Por último, existe a flexibilidade de roteiros . Esta envolve a maioria dos outros tipos:

"... dada uma situação com máquina bloqueada, em pane ou saturada, o sistema automaticamente tem a capacidade de redirecionar uma peça, para uma máquina e um espaço de trabalho, livres e prontos a serem acionados" (Coriat, op. cit, p. 25)

Neste tipo de automação flexível, as atividades de transformação, transferência e controle, já apresentam um alto grau de automação integrada. Não se trata mais de uma linha ou célula automatizada, mas de um conjunto de linhas ou células automatizadas, sob um controle comum, em tempo real, capaz de sensorar as diferentes atividades, avaliar sua capacidade de produção, os estrangulamentos provocados pelos mais diversos motivos e reordenar os fluxos da produção.

Até o momento foram definidas as formas de integração e de flexibilidade atingidas pela automação flexível. Estas definições exigiram a apresentação de alguns dos equipamentos microeletrônicos envolvidos, como robôs, CADs , máquinas a comando numérico . Estes equipamentos pertencem a várias famílias de equipamentos microeletrônicos, que serão definidas na próxima seção.

2.3 Os Equipamentos da Automação Flexível

Coriat apresenta 4 grandes famílias de equipamentos envolvidos na automação micro-eletrônica. São elas:

- 1 - Meios de transferência e manutenção
- 2 - Meios informatizados e de Controle programável de equipamentos
- 3 - Meios de auxílio a projetos
- 4 - Meios de operação

A primeira família de equipamentos, os meios de transferência e manutenção, é utilizada para transferir peças e materiais de um posto de trabalho para outro, além de realizar operações de empilhagem e armazenagem. São dotados de ferramentas, garras, e não realizam operações de transformação. Apesar de Coriat chamar atenção para o fato destes equipamentos serem dotados de ferramentas, existem meios de transferência automatizados, que não são dotados de ferramentas. É o caso dos comboios automatizados (F.T.S. - "Flexible Transport System"), utilizados em montadoras brasileiras de automóveis, nas seções de funilaria, para transportar carrocerias nas linhas de solda por robôs.

A segunda família é composta por meios informatizados e de controle programável de equipamentos. Estes são os equipamentos

que comandam as operações automatizadas, tanto de transferência, como de transformação e controle. Atuam como "meios de recepção e controle de informações no fluxo de produção" (Coriat, 1985a, p. 12), não sendo dotados de ferramentas. Aqui estão incluídos os computadores, controladores lógico-programáveis (C.L.Ps) e comandos numéricos. Sem estes equipamentos a automação flexível não seria possível, pois são eles que substituem os automatismos rígidos, retirando do corpo da máquina as instruções de comando. São entidades autônomas e externas aos equipamentos e máquinas que comandam.

A terceira família é a dos meios de auxílio a projetos:

"Denominado também de C.A.D, é utilizado para projetar formas (três dimensões) a partir de dados numéricos relativos às especificações de peças (dimensões, lados). O C.A.D permite substituir um trabalho considerável de cálculo e desenho em todas as etapas de elaboração de perfis e de superfície de peças, ou de conjunto de peças" (Coriat, 1985a, p. 13)

Este equipamento é utilizado na esfera de projetos, seguindo a terminologia de Kaplinsky, e "tem um papel essencial em permitir às firmas modificar e otimizar seus produtos finais de forma mais eficiente" (Kaplinsky, 1984, p.50)

A quarta família de equipamentos é composta pelos meios de operação. Estes são os equipamentos mais comuns na automação da manufatura estando aí incluídos os robôs e manipuladores programáveis em geral e as máquinas-ferramentas de comando numérico.

São dotados de ferramentas e atuam fundamentalmente na esfera de fabricação, nas atividades de transformação. São programáveis e dependendo da geração tecnológica a que pertencem, são capazes de perceber modificações no ambiente de trabalho e modificar seus modos operatórios, em tempo real, para dar continuidade ao fluxo de produção.

Dentre estes equipamentos da família de meios de operação, os robôs são os que tem provocado maior controvérsia, principalmente quando se trata de defini-los. Isto porque a existência de várias definições e classificações tem impedido comparações rigorosas quanto à sua difusão à nível mundial. As estatísticas japonesas, por exemplo, apresentam um grande número de robôs em uso em sua indústria. No entanto, a classificação japonesa permite a inclusão de manipuladores simples como robôs, o que não acontece na Europa e Estados Unidos. A definição da Régie Renault, por exemplo, é a seguinte:

"...máquina automática universal, destinada à manipulação de objetos e dotada de capacidade de aprendizagem de um comportamento tipo, da faculdade de perceber o ambiente, de uma faculdade de analisar as informações assim obtidas e da possibilidade de modificar seu comportamento tipo." (Coriat, 1983b, p.5)

Um equipamento deste tipo estaria classificado no 17º nível da classificação de Bright, ou seja, no limite máximo da automação. Esta definição é muito restrita e provavelmente a maioria dos robôs em uso no mundo, não se enquadra nele. Os robôs em uso na

indústria automobilística brasileira não têm a capacidade de perceber o ambiente, por exemplo. A classificação Japonesa, proposta pela JIRA ("Japan Industrial Robotics Association"), por outro lado, é muito abrangente, podendo incluir equipamentos de várias complexidades:

QUADRO 2
Classificação de robôs segundo a JIRA

Tipos	Definição
A. Manipulador	Dispositivo comandado diretamente por um operador
B. Robô sequencial	Manipulador funcionando segundo uma sequência e condições prévias
à sequência fixa	A sequência e as condições são dificilmente modificáveis
à sequência variável ..	A sequência e as condições são facilmente modificáveis
C. Robôs à aprendizagem ("playback")	Manipulador que repete uma sequência memorizada depois de uma sequência de aprendizado comandado por um operador
D. Robô a Controle Numérico..	Manipulador que repete as ordens de sequência e condições de trabalho de forma numérica
E. Robô inteligente	Robô que realiza por si mesmo funções variadas com ajuda de capacidades sensoriais e de reconhecimentos

Fonte: Coriat(1985b,p.30)

Para a Régie Renault, segundo a classificação da JIRA, robôs seriam apenas os robôs inteligentes, que ainda estão em fase de

desenvolvimento. Existe ainda outra definição, da RIA ("Robotics Industrial Association"), que é um meio termo entre as definições da Régie Renault e da JIRA:

"o robô industrial é um manipulador multifuncional, programável, cuja posição é controlada automaticamente, que tem vários graus de liberdade e que é capaz de mover materiais, peças, ferramentas e aparelhos especializados, para realizar as operações programadas." (Coriat, 1983b, p.24)

Apesar de maçantes, estas definições são necessárias. No capítulo 3 desta dissertação registra-se que não há robôs em uso na indústria de autopeças brasileira. Isto porque a classificação utilizada foi a da RIA. No entanto, se fosse utilizada a da JIRA, alguns equipamentos seriam registrados, pois constatou-se o uso de manipuladores mecânicos, de sequência fixa, não programáveis. Mesmo nas pesquisas sobre a adoção de robôs na indústria montadora existem discrepâncias de números, que entre várias razões, pode também ser atribuída ao uso de classificações distintas.

Utilizando-se a terminologia de Kaplinsky e a de Coriat, pode-se construir um quadro das aplicações mais comuns das famílias de equipamentos tratadas nesta seção. Este quadro é apenas uma indicação do caráter complementar dos estudos realizados pelos dois autores, que, infelizmente, não vem sendo convenientemente explorado.

QUADRO 3
Uso geral das famílias de equipamentos
microeletrônicos, por esferas da produção

FAMÍLIAS	ESFERAS DA PRODUÇÃO
-Meios informatizados e de controle programável de equipamentos	esfera de controle e esfera de fabricação
-Meios de auxílio a projetos	esfera de projetos
-Meios de transferência	esfera de fabricação
-Meios de operação	esfera de fabricação: . transformação . transferência

Fontes:Kaplinsky(1984) e Coríat(1985b)

2.4 As "Economias" da Flexibilidade e Integração

Os meios de automação micro-eletrônica têm muitas características que os tornam mais produtivos e eficientes que os eletromecânicos: os atributos da flexibilidade, integração e precisão. O objetivo desta seção é analisar estes atributos e identificar as economias por eles propiciadas.

A) Precisão

Os equipamentos microeletrônicos aceitam níveis de tolerâncias muito pequenos e com capacidade de repetição constante, o que

caracteriza sua precisão. Esta precisão maior em relação aos equipamentos convencionais permite um ganho significativo na qualidade de conformação dos produtos transformados, além da redução de perdas de materiais, de tempos de engajamento de máquinas e homens, do volume de refugos e retrabalhos. Além disso, sua capacidade de realizar trajetórias complexas no espaço, permite às firmas adotantes projetar produtos mais sofisticados, às vezes impossíveis de serem realizados com equipamentos convencionais.

B) Flexibilidade

A flexibilidade potencializa ainda mais os ganhos propiciados pelo atributo da precisão. Aqui, os ganhos estão relacionados fundamentalmente aos tempos de produção, à diminuição de "tempos mortos", gerados nas operações de regulação dos equipamentos, ajuste de ferramentas e alimentação. Coriat dá um exemplo significativo destes "tempos mortos":

"...pudemos mostrar, ao analisar a vida de uma peça mecânica média nas oficinas de usinagem de metais em pequenos lotes que ela passa apenas 5% de seu tempo nas máquinas-ferramentas e, que destes 5% apenas 30% é tempo produtivo passado efetivamente na usinagem..." (Coriat, 1983a, p. 11) (Tradução do Autor)

O exemplo refere-se a sistemas de produção de pequenas séries ou por encomendas, que envolvem uma gama muito grande de mo-

delos e versões. Estes sistemas exigem muitas paradas para reprogramar os modos operatórios. Portanto, o exemplo é de um caso extremo. No entanto, a produção de grandes séries também envolve paradas para "set-ups", alimentação e outras operações de regulações, que implicam na diminuição de tempos efetivos de produção. A adoção da automação flexível, ao reduzir os tempos de "set-up" e as porosidades do processo produtivo, permite um aumento significativo na taxa de utilização dos equipamentos e da produtividade. Coriat (1983a,p.11) registra que a utilização efetiva dos equipamentos microeletrônicos chega a ser 7 vezes maior que a taxa de utilização dos equipamentos convencionais.

O atributo da flexibilidade, além de permitir uma utilização maior dos equipamentos, é também fundamental para adequar a programação da produção às flutuações da demanda (flexibilidade de volumes). Este ponto é muito realçado pelos autores que tratam do tema (ver Kaplinsky, 1984 e Coriat, 1985a, por exemplo). Para eles a difusão da automação flexível a partir da década de 70 está relacionada à profunda instabilidade da demanda neste período, em função do esgotamento do regime de acumulação consolidado a partir da década de 40. Esta possibilidade de rever os programas de produção com rapidez, portanto, estaria permitindo as firmas operarem com estoques de produtos finais menores do que aqueles que seriam necessários com a automação rígida, além de viabilizar uma estratégia de aprofundamento da diferenciação de produtos, no sentido de expandir as taxas de utilização da capacidade instalada.

C) Integração

As economias descritas anteriormente referem-se, basicamente, àquelas obtidas nas atividades de transformação no processo produtivo. Quando as atividades de transferência e controle são consideradas, a integração das sequências de operações assumem um papel fundamental. Os tempos improdutivos característicos de processo de transformação são ainda maiores no caso das operações de transferência. Quanto mais complexas as trajetórias percorridas pelos materiais na cadeia produtiva, mais se perde em tempos de espera.

Segundo Coriat, as formas de integração desenvolvidas pela Organização Científica do Trabalho, através das linhas de montagem rígidas concebidas por Ford e das técnicas de tempos e métodos tayloristas, esgotaram-se como forma de organização e controle do processo de trabalho:

"...considerando o grau de sofisticação alcançado, a linha taylorista ou fordista, torna-se, no tocante aos meios, "contra-produtiva". Esta constatação é feita à medida que uma grande quantidade de tempos "mortos" e de tempos "improdutivos" são gastos com as técnicas de balanceamento das cadeias de produção". (Coriat, 1985a, p. 4)

A parcelização das tarefas, no esquema um homem-uma máqui-

na-uma tarefa, implica, pela sua própria lógica, em percursos longos da matéria a ser transformada e, portanto, em operações de transferência mais complexas. As mudanças de programas de produção são muito dispendiosas, nesta forma de organização da produção. Desta forma, para Coriat, as técnicas fordistas e tayloristas levadas ao paroxismo, não têm mais contribuído para o aumento da produtividade, pelo contrário, têm tornado a coordenação do processo produtivo progressivamente ineficiente. O grande desafio da engenharia nos anos 70 foi desenvolver formas de diminuir as sequências de operações na cadeia produtiva. Desta busca, surgiram as técnicas de produção em tempo encoberto (ver seção 2.5), que objetivam a redução dos tempos improdutivos através da execução de operações de forma simultânea, diminuindo as sequências de operações (Coriat, op. cit, p.19). Estes objetivos podem ser alcançados tanto por inovações organizacionais, tipo ilhas de fabricação (ver seção 2.5), como por inovações tecnológicas com base técnica na microeletrônica.

Os meios de operações eletrônicas iniciam este processo de integração na própria máquina. Os equipamentos realizam múltiplas operações, que antes eram realizadas isoladamente, com o engajamento de várias máquinas e operadores. O centro de usinagem a comando numérico é o exemplo mais característico deste processo, concentrando operações de corte, furo, rosqueamento, fresa, mandrilagem, tradicionalmente operações organizadas em seções diferenciadas por função. A produtividade destes equipamentos é muito superior aos da automação rígida:

" A tecnologia tem uma potencialidade de ser de três a cinco vezes mais produtiva que as máquinas convencionais, e este coeficiente é frequentemente ampliado ainda mais, pois seus operadores são designados para operar mais de uma máquina. Quando os comandos numéricos estão integrados a grandes computadores, sua margem de produtividade pode subir para vinte por uma ou até mais..."(Shaiken, 1984, p. 71)(Tradução do Autor)

Shaiken realça o aumento da produtividade e também o da intensidade do trabalho. A conexão entre várias máquinas-ferramentas a comando numérico em um grau ainda maior de integração de operações, formando células de produção, ou "ilhas de fabricação", exige operadores polivalentes, que acompanham várias máquinas. A redução do número de máquinas e do número de operadores para realizar um mesmo nível de produção é evidente. Além disso, há uma redução significativa do espaço necessário à realização do processo de produção. Esta integração é chamada por Coriat de integração horizontal, envolvendo uma divisão de trabalho no interior das tarefas de fabricação (Coriat, 1980, p.42, nota 1) ou o que Kaplinsky chama de automação inter-atividades. Mas existem níveis ainda mais sofisticados de integração, como aqueles que se referem a automação intra-esfera e inter-esferas de produção.

Os sistemas CAD/CAM ("Computer Aided Design" e "Computer Aided Manufacturing") e seus sistemas de apoio, CAE ("Computer Aided

Engineering"), CAPP ("Computer Aided Process Planning") é que viabilizam estas integrações mais complexas e que permitem o surgimento dos F.M.S ("Flexible Manufacturing System") e o CIM ("Computer Integrated Manufacturing") manufatura integrada por computador. Este último é apenas um conceito de engenharia, pois implica na integração total da manufatura, que ainda está longe de ser atingida.

Mas, a integração de sub-processos nas esferas de fabricação, e mesmo a ligação destes sub-processos à esfera de projetos através dos sistemas CAD/CAM são um avanço significativo em termos de ganhos de eficácia do processo produtivo, diminuindo drasticamente as porosidades e os tempos improdutivos envolvidos na produção. Com o CAD é possível projetar e testar as especificações do projeto no próprio computador, economizando a construção de vários protótipos até chegar ao resultado esperado. Após chegar-se ao desenho do produto especificado, os CAE e CAPP, permitem simular o próprio processo produtivo, diminuindo, mas não eliminando, as demoradas tentativas empíricas no ajustamento do novo processo ou produto projetado. Assim, as inovações de produtos e de processos podem ser demoradamente testados, sem envolver perdas de materiais, tempos de máquinas e pessoal especializado, na mesma magnitude que ocorreriam na ausência da base técnica micro-eletrônica.

Em resumo, a integração de processos por computador, implica em economias de capital fixo num grau ainda superior ao permitido pela flexibilidade: primeiro, por aumentar a taxa de utilização

dos equipamentos, ao diminuir os tempos de espera e de "set-up" entre uma operação e outra, já que reduz as sequências de operações; segundo, porque reduz o volume de equipamentos envolvidos no processo, aumentando a produtividade a níveis que compensam o maior custo dos equipamentos micro-eletrônicos. As economias de capital circulante também são superiores, principalmente por causa da redução de estoques de materiais em processo. As economias de capital variável são significativas, pois, como está colocado por Shaiken, dependendo do grau de integração, os ganhos de produtividade podem chegar a relação de 1:20, ou seja, todos os operadores diretos, alimentadores, supervisores de produção, manutentores e outras funções envolvidas, são reduzidos pelo menos na mesma proporção. Se forem incluídos os impactos nas esferas de projeto e de coordenação, a magnitude é ainda maior.

Existem também outros fenômenos que acompanham a difusão da automação flexível, como as modificações nas formas de organização do trabalho e gestão de produção, tais como as ilhas de fabricação, os sistemas Just-in-time/Kanban, que apesar de não implicarem necessariamente em automação micro-eletrônica ou mudanças de equipamentos, são pré-condição para uma automação eficiente, precedendo ou acompanhando a difusão da base técnica micro-eletrônica nas indústrias de série. É destas novas formas de organização que trata a seção 2.5.

2.5 Novas Formas de Organização do Trabalho e Gestão da Produção

A difusão dos novos métodos de produção e de gestão produtiva, conhecidos como sistema JIT/Kanban, M.R.P ("Material Requirement Planning"), "Group Technology" (Tecnologia de Grupo), ilhas de fabricação, vêm ocorrendo nas últimas duas décadas e tem elevado significativamente as taxas de produtividade dos processos industriais (c.f. Altshuler, 1985). Todos eles visam racionalizar o processo produtivo e "otimizar" os resultados, diminuindo as perdas no sistema produtivo. Sua difusão vem ocorrendo em paralelo à difusão da automação flexível, atuando tanto como condutor da automação rígida. Neste sentido, é válido introduzi-los neste trabalho, na medida em que participam de um processo comum de reestruturação tecnológica da indústria contemporânea.

2.5.1 Sistema Just-in-Time / Kanban

Geralmente se refere a Kanban e Just-in-Time como métodos únicos, mas de fato, são entidades distintas. O just-in-time é uma "filosofia" gerencial que implica em "em produzir o necessário na quantidade necessária e no momento necessário." (Mario Salerno, 1985, p.48). O Kanban, por sua vez, é um instrumento de con-

trole de informações no processo produtivo, que administra os objetivos do just-in-time. Produzir "just-in-time" é produzir com estoques reduzidos. Para que este objetivo seja alcançado são necessários alguns pré-requisitos, como a reorganização do "lay-out" da produção no sentido de linearizar o processo produtivo, introduzindo-se: a) as ilhas de fabricação; b) a padronização de tarefas; c) a produção nivelada e d) o Kanban, com seus cinco princípios básicos: defeito zero, pane zero, estoque zero, demora zero, papel zero (ver Salerno, op.cit., p.51 e Coriat, 1985a, p.44). Abaixo são tratados cada um destes requisitos.

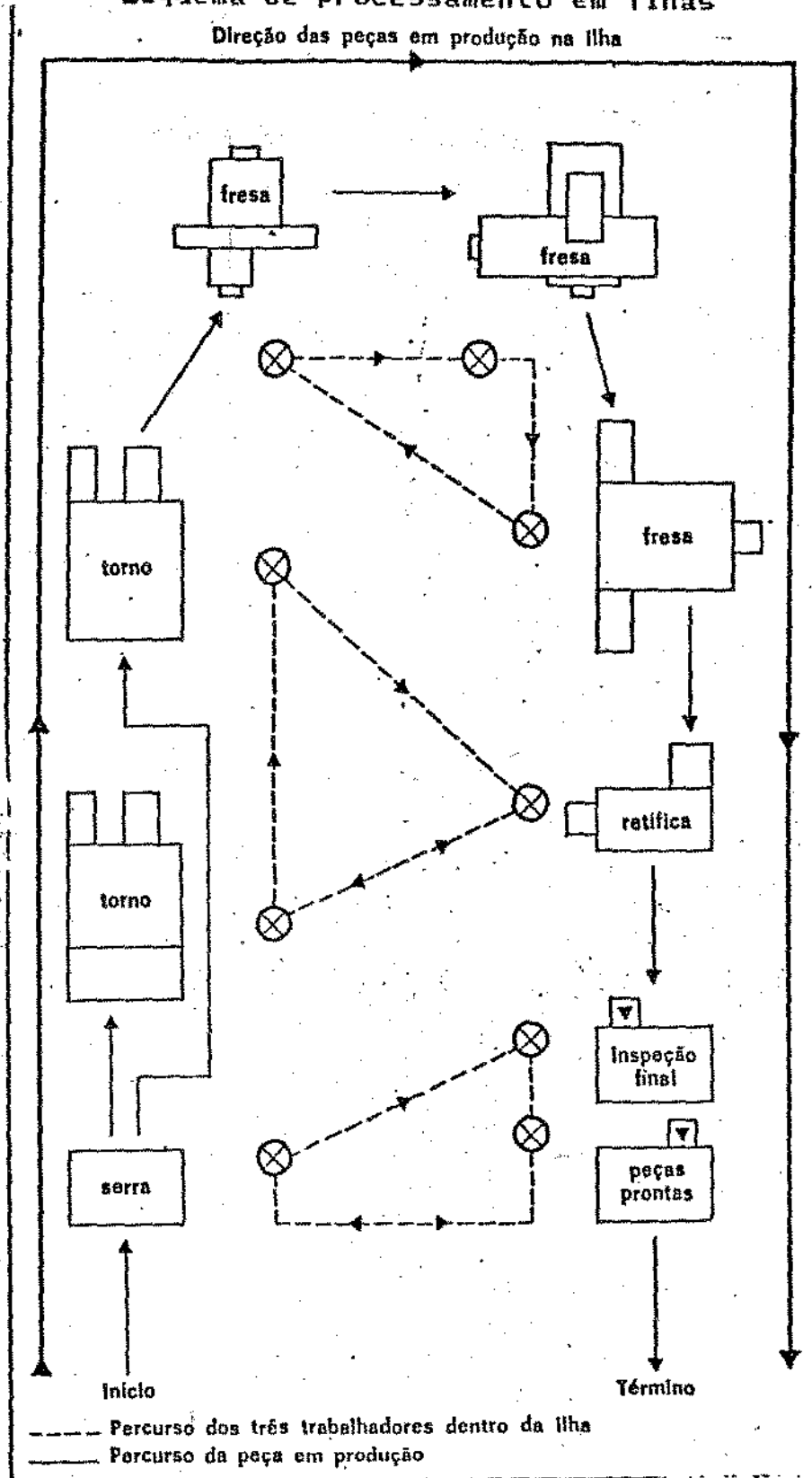
A) - Ilhas de Fabricação

As ilhas de fabricação rompem com o sistema tradicional de organizar a fabricação por funções de máquinas, introduzindo o conceito de famílias de peças, que são constituídas por suas semelhanças formais, geométricas. Desta forma, agrupam-se máquinas que realizam várias operações, como serrar, torneear, fresar, retificar numa mesma ilha. Isto diminui o percurso por uma determinada peça e portanto, os tempos de espera e tempos improdutivos, além dos estoques intermediários, inevitável nos sistemas organizados por função.

FIGURA 2

Esquema de processamento em ilhas

Direção das peças em produção na ilha



Fonte: Boletim do DIEESE (1984, p.19)

Pode-se ver pela figura 2 que as ilhas também implicam numa utilização diferente da mão-de-obra, que passa a ser polivalente, com o operador controlando várias máquinas, movimento inverso à organização taylorista do trabalho, que parceliza as tarefas ao máximo. Nesta forma de organização do trabalho não há necessidade de modificação no conteúdo tecnológico dos equipamentos, mas é evidente que, se os equipamentos forem automatizados com base na micro-eletrônica, mesmo que parcialmente integrados na ilha, os operadores podem controlar um número muito maior de máquinas.

Esta nova técnica de engenharia de produção prepara o caminho da automação flexível, ao sedimentar normas que podem ser internalizadas num programa de computador. Alguns engenheiros a chamam de fase de simplificação:

"A simplificação consiste numa reorganização do fluxo de materiais, eliminação de desperdícios, como tempo de "set-up", movimentação de materiais, refugos, retrabalhos, lay-out" otimizado, estocagem, etc.. A segunda etapa é a automação. Desde que a etapa de simplificação tenha sido convenientemente parametrada, a automação se torna mais adequada... Não adianta automatizar processos ineficientes, pois neste caso estaremos automatizando a ineficiência. (A.Aracre & H.Kamakami, 1987, p.30)

Esta citação evidencia a razão destas novas formas de organização da produção terem uma difusão que coincide, no tempo, com a difusão da automação flexível: isto ocorre pelo simples fato

delas serem pré-requisito para a automação flexível (ver também André et alii, 1987, p.5).

B) Padronização de Tarefas

A padronização de tarefas é um método para viabilizar as operações em ilhas de fabricação, que consiste em informar o tempo de ciclo de um produto de forma que o tempo de operação na ilha não ultrapasse o tempo de ciclo do produto, evitando o desbalanceamento da ilha; informar o fluxo de processo, com as devidas sequências de operações que devem ser seguidas no processo e a quantidade mínima de trabalhadores envolvidos. (Salerno, 1985, p. 54)

C) Produção Nivelada

É um método para evitar flutuações da produção na montagem final em que se procura produzir os lotes mínimos necessários em cada elo da cadeia produtiva.

D) KANBAN

O kanban é um método que inverte o sentido da lógica fordista, pois as informações seguem um fluxo inverso ao fluxo efetivo

da produção:

"...a chave inovadora consiste em estabelecer paralelamente ao fluxo real de produção - que segue no sentido dos postos iniciais, A, B, ..., n - um fluxo de informações inverso que têm uma trajetória de (n) ..., B, A." (Coriat, 1985a, p. 43)

Desta forma, são as ordens de produção que desencadeiam o processo, sendo que nada é produzido sem que haja uma encomenda do comprador. Se o produto está vendido, ele deve ser produzido no tempo correto de entrega e para isto não podem ocorrer defeitos, nem panes e nem demoras no processo e o fluxo de informações deve correr da forma mais desburocratizada possível, sem papel, estando aqui listados os quatro zeros do kanban, referidos acima. O quinto zero é seu objetivo: estoque zero.

CAPÍTULO 3

A DIFUSÃO DA AUTOMAÇÃO FLEXÍVEL NA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE AUTOPEÇAS

3 INTRODUÇÃO

A base técnica gerada pelo paradigma tecnológico microeletrônico tem manifestado uma inegável capacidade de penetração ("pervasiveness") na estrutura industrial contemporânea, como comprovam vários estudos relevantes sobre o assunto: Mansfield (1968), Freeman (1974), Coriat (1980, 1981, 1983a, 1985a, 1985b), Kaplinsky (1984), Dosi (1984), Shaiken (1985), Watanabe et alii (1987), entre outros. Estes autores apresentam análises detalhadas sobre o processo de difusão de inovações de produtos e processos com base técnica na microeletrônica, que vem ocorrendo nas últimas duas décadas. O fenômeno de consolidação deste novo paradigma ocorre em escala mundial, não estando restrito apenas aos países de industrialização madura, sendo muitos os casos de países de industrialização recente que não só participam deste processo como usuá-

rios, mas que procuram também estabelecer competência tecnológica na sua concepção e produção, mesmo que restrita a certos segmentos deste novo mercado.

Entre estes países de industrialização recente que estão concebendo, produzindo e usando tecnologias com base técnica na microeletrônica, está o Brasil. Devido ao caráter de irreversibilidade, típico dos paradigmas tecnológicos, e de sua capacidade de transformar a estrutura industrial, é fundamental avaliar o grau e ritmo de sua penetração na estrutura industrial brasileira, já que deles dependerá a capacidade desta economia se inserir num novo contexto de divisão internacional do trabalho. No entanto, esta avaliação apresenta dificuldades imensas, tanto ao nível conceitual como ao nível metodológico, pois ainda não existe um corpo teórico coerente que embase a geração de indicadores adequados de progresso tecnológico (André, 1989). Esta dificuldade básica de avaliação certamente está também associada ao fato de se ter como objeto, não uma tecnologia singular e próxima de sua fronteira tecnológica e, portanto, passível apenas de inovações de caráter incremental, mas um conjunto de tecnologias derivadas de uma mesmo paradigma tecnológico, no início de sua trajetória tecnológica, sujeitas ainda a transformações radicais, que afetarão a direção e o ritmo de sua difusão. Portanto, uma avaliação global deste processo é tarefa, se não prematura, temerária. Por estas razões, adotou-se nesta dissertação uma abordagem restrita a uma ramificação da base técnica microeletrônica, vale dizer, a automação flexível. No entanto, mesmo a automação flexível envolve um conjunto

vasto de famílias e tipos de equipamentos, como foi visto no capítulo 2, e que pode ser usado por vários setores industriais e em sistemas produtivos diversos. Neste sentido, fez-se necessário delimitar também o sistema produtivo, no caso um sistema de produção discreto e seriado ; e a indústria: a de autopeças. A relevância da escolha da indústria de autopeças está não só no fato de ser uma grande usuária, mas também devido ao seu forte vínculo à uma indústria que já está em pleno processo de transformação de sua base técnica(ver Tauile,1987 e Carvalho,1986), vínculo este que certamente afeta suas decisões de investimento em inovações tecnológicas e organizacionais.

3.1 Estrutura da Indústria de Autopeças

O atual estado das artes na análise das estruturas tecnológicas e econômicas da indústria de autopeças é muito precário, não permitindo que se conheça, em detalhe, suas principais características. Foram várias as tentativas em se realizar tal tarefa (Oliveira, 1979; Gadelha,1984; Ferro,1984;Gadelha,1987) e a maioria reconheceu as grandes dificuldades em completá-la. A principal dificuldade está na heterogeneidade da indústria, formada por um conjunto aproximado de 2000 empresas, que produzem 5000 produtos diferentes(Gadelha,1987,p.247). Este fato impede inclusive que este conjunto de empresas possa ser chamado de uma indústria, pelo me-

nos no seu conceito usual, que exige que as firmas de uma indústria fabriquem produtos substitutos próximos entre si, o que absolutamente não é o caso (um amortecedor não é substituto próximo de um freio). Tampouco é operacional a definição de indústria de Penrose, que incluiria firmas com a mesma base tecnológica, pois os processos industriais das fabricantes de autopeças também são muito distintos: o processo tecnológico numa fábrica de molas nada se assemelha ao de uma fábrica de caixas de câmbio, por exemplo. A única característica em comum destas empresas é que elas participam de uma mesma cadeia produtiva, que têm como produto final um veículo automotriz. Portanto, a agregação destas empresas numa indústria só é compreensível se feita em função da cadeia produtiva de um complexo industrial. Desta forma, a indústria de autopeças só existe, como unidade de análise, como parte integrante do complexo industrial automotriz. Esta redefinição, se por um lado permite que nesta dissertação se denomine este conjunto de empresas fabricantes de autopeças de indústria de autopeças, por outro mantém o problema original: a dificuldade de identificar as suas características básicas, sua diversidade tecnológica e as várias estruturas de mercado nela existentes.

Alguns autores, na impossibilidade de caracterizar todos os segmentos da indústria de autopeças, optam por um corte em função do destino das peças e componentes (Gadelha, 1984; Ferro, 1984). Neste corte, a estrutura de mercado desta indústria é composta por dois grandes segmentos: o mercado das montadoras e o mercado de reposição. O mercado das montadoras é caracterizado tanto pela

venda direta de peças e componentes para a montagem final nas indústrias terminais como pela venda a fornecedores das indústrias terminais. Neste segmento predominam relações de mercado do tipo oligopólicas-oligopsônicas, em função das barreiras à entrada promovidas pelas grandes escalas técnicas necessárias e pelas exigências tecnológicas e de qualidade impostas pela indústria terminal (cf. Gadelha, 1987, p. 248). Os componentes críticos do ponto de vista da complexidade tecnológica e da qualidade do produto final (o veículo automotor) são fornecidos por um pequeno número de empresas: a tabela 3.1 fornece alguns dados que corroboram esta afirmação.

TABELA 3.1
Número de fornecedores de autopeças por componentes
para 9 montadoras
(1977/1978)

Sistemas e Componentes	Número de Fornecedores
• Motor	
- pistão	3
- válvula de escape	2
- carburador	2
- radiador	3
- biela	4
- filtro de óleo	2
- bomba injetora	1
- camisa de cilindro	1
- filtro de ar	1
- coroa	1
- pinhão	3
- filtro de motor	2
• Freio	
- cilindro mestre	4
- tambor de freio	2
- freio trazeiro	1
- válvula de cilindro mestre	3
- freio a disco	2
• Amortecedor	
- mola	4
• Transmissão	
- eixo cardan	1
- engrenagem	4
- disco de embreagem	3
- eixo traseiro	3
- semi-eixo traseiro	2
• Direção	
- barra de direção	2
- caixa de direção	1

Fonte: DIEESE (1988,p.30)

Apesar da caracterização geral deste segmento da indústria de autopeças indicar a existência de uma estrutura de mercado oligopolista, isto não implica na ausência de concorrência. Existe uma forte concorrência entre as produtoras de autopeças, que se manifesta tanto via preços como através da diferenciação dos produtos e da qualidade. Além da concorrência entre as fabricantes de autopeças existe ainda a pressão das montadoras sobre as autopeças, realizada através da verticalização da produção nas montadoras, que é um mecanismo utilizado por elas para regular a formação de preços. A ameaça da verticalização é um instrumento sempre presente e eficaz para impedir que as fabricantes de autopeças operem com altas margens de lucro, mesmo que a ameaça não se concretize.

O mercado de reposição é o outro segmento relevante desta indústria e é originado pela demanda de peças e componentes para a manutenção da frota circulante. Gadelha identifica nele uma estrutura dual, onde convive tanto o mercado de reposição puro, caracterizado pela desorganização e atomização dos produtores, quanto o mercado de peças "originais", que se estrutura como um oligopólio diferenciado já que a diferenciação dos produtos é o principal instrumento de concorrência. O mercado de reposição puro sobrevive através da venda de produtos de menor qualidade e preços, distribuídos em pequenas oficinas de reposição, enquanto o mercado de "originais" utiliza a estrutura de distribuição da rede de concessionárias das montadoras.

O peso relativo destes segmentos no faturamento geral da indústria de autopeças vem se modificando nos últimos 15 anos. A crise da indústria automobilística e o crescimento da frota circulante vêm provocando um aumento do mercado de reposição. Em 1977, 18.5% do faturamento da indústria de autopeças era obtido no mercado de reposição; já em 1987, esta porcentagem chegava a 31% . Esta mudança relativa provavelmente vem implicando numa concorrência mais acirrada neste subsegmento, com as grandes produtoras de autopeças se esforçando para deslocar as pequenas produtoras através de campanhas de vendas e promoções. Não existem informações sistematizadas sobre este processo de disputa de mercado nesta indústria que possam comprovar esta hipótese, mas é razoável esperar-se que num período de altas taxas de ociosidade na indústria (ver seção 3.2.1), uma das saídas racionais das grandes empresas seja ampliar a participação em mercados até então marginais.

Outra estratégia da crise é a busca de mercados externos, seja nos mercados externos de reposição ou de peças originais. As grandes produtoras de autopeças vem privilegiando este caminho, sendo a expansão no mercado de reposição nacional apenas uma alternativa circunstancial, pois os preços de peças originais são muito altos para competir com as soluções baratas das pequenas empresas do mercado de reposição puro (ver seção 3.2.3).

3.2 Evolução Recente da Indústria de Autopeças

A indústria de autopeças vem passando por uma profunda crise que já se prolonga por mais de uma década, e que se manifesta tanto pela estagnação do seu processo de acumulação como pela instabilidade das taxas de crescimento da produção. Este quadro é resultado da crise geral que afeta a economia brasileira e, em particular, da crise da indústria terminal, as montadoras de veículos automotrizes, inequivocamente o núcleo dinâmico do micro complexo automotriz (ver Haguenauer et alii, 1984). Os impactos, num primeiro momento, da desaceleração do crescimento e, num segundo momento, das quedas na produção da indústria terminal sobre a indústria de autopeças, vêm exigindo desta última uma profunda transformação em suas estratégias. Essa estratégia se dá, tanto no sentido de reduzirem seus custos de produção, através da introdução de inovações tecnológicas e organizacionais, como no sentido de reduzirem a participação relativa de suas vendas às montadoras, através da procura de novas áreas de mercado, seja ampliando as exportações, explorando as possibilidades do mercado de reposição, ou diversificando sua linha de produtos. As análises feitas adiante, objetivam a demonstração das proposições aqui manifestas.

3.2.1 Investimentos e capacidade ociosa na indústria de autopeças

Os investimentos realizados na indústria de autopeças no início dos anos 70 talvez constituam um dos mais significativos exemplos dos erros cometidos neste período quanto à avaliação das potencialidades de crescimento da economia brasileira nos anos 70. Entre 1972 e 1974, os investimentos realizados pela indústria de autopeças foram feitos com base em previsões que estimavam uma demanda de veículos de 1,5 milhão de unidades para 1975 e 2 milhões para 1980. Só em 1974, os investimentos atingiram a marca de US\$ 574 milhões, o correspondente a 23% do faturamento da indústria. A dimensão desse erro pode ser facilmente visualizada na tabela 3.2, onde estão registrados os dados da produção de veículos automotores de 1968 a 1987. A produção prevista para 1975 jamais foi atingida e é pouco provável que o seja antes da década de 1990.

TABELA 3.2
Produção de autoveículos no Brasil
(1968 a 1987)

UNIDADES

Produção					
ANOS		ANOS		ANOS	
1968	279.715	1975	930.235	1982	859.304
1969	353.700	1976	986.611	1983	896.462
1970	416.400	1977	921.193	1984	864.663
1971	516.067	1978	1.064.014	1985	966.708
1972	621.991	1979	1.127.966	1986	1.056.242
1973	749.962	1980	1.165.184	1987	920.208
1974	905.099	1981	780.883	1988	-

Fonte: ANFAVEA

O resultado deste erro de previsão, mesmo tendo sido acompanhado por um corte drástico nos níveis de investimentos do setor, implicou em taxas de capacidade ociosa crescentes até o início dos anos 80. As informações do Sindipeças (tabela 3.3) revelam que a capacidade ociosa do setor cresceu de 16.5% em 1978 para 20.8% em 1980. Na recessão do período 1981-1983 o quadro se agravou ainda mais, com a queda da produção de autoveículos para os patamares vigentes em 1973 e 1974, chegando a capacidade ociosa à uma média de 30% na indústria de autopeças.

TABELA 3.3
Investimentos e capacidade ociosa na indústria
de autopeças
(1974 a 1987)

ANOS	OCIOSIDADE (%)	INVESTIMENTOS (US\$ milhões)	TAXA DE INVESTIMENTOS ¹ (%)
1974	n.d	574.4	23.0
1975	n.d	229.2	8.5
1976	n.d	290.5	9.1
1977	n.d	325.3	9.6
1978	16.5	226.8	5.1
1979	20.7	264.7	5.3
1980	20.8	284.0	5.2
1981	33.2	226.4	5.1
1982	29.4	270.8	5.2
1983	30.1	189.4	5.0
1984	22.3	231.7	4.8
1985	19.8	254.3	4.3
1986	15.7	429.5	6.5
1987	17.0	230.0	2.9

Fonte: Sindipeças(1988)

Nota: 1- Calculada em relação ao faturamento (ver tabela 3.4)

O aumento continuado da ociosidade na indústria de autopeças parece ter apenas provocado uma redução dos níveis de investimento para um novo patamar, em torno de US\$ 250 milhões ao ano, mas não uma redução, também contínua, dos níveis de investimentos. No entanto, há uma queda na propensão a novos investimentos na indústria que pode ser medida, aproximadamente, pela relação entre o volume de investimentos e o faturamento. Se em 1974 as dotações para investimentos chegaram a 23% do faturamento, já em 1975 est

taxa cai para 8.5%, situando-se em torno de 9% até 1977 e caindo para 5% entre 1978 e 1987.

É significativo o fato de que mesmo com a recuperação do faturamento (veja seção 3.2.2) a partir de 1984, não houve uma revisão da taxa de dotações para investimentos. A ocorrência extemporânea do aumento da taxa e do volume de investimentos em 1986 não modifica este quadro pois, em 1987, tanto a taxa como o volume de investimentos sofreram um ajuste drástico. Esta contração dos investimentos, acompanhada a partir de 1984 pela recuperação do mercado interno e pelo grande crescimento das exportações, tem resultado numa queda dos níveis de capacidade ociosa da indústria, que em 1987 era estimado em 17%, aproximadamente o mesmo valor de 10 anos atrás.

Estes dados levantam a questão de qual é a natureza dos investimentos que estão ocorrendo nesta indústria. Após tantos anos com níveis de investimentos baixos é provável que a taxa de investimentos (medida em relação ao estoque de capital) esteja abaixo da taxa de depreciação, o que significa que pode estar havendo uma redução da capacidade produtiva do setor como um todo. Como não existem sinais claros de uma retomada de investimentos que expanda significativamente a capacidade instalada, os investimentos em andamento devem ser de reposição, financiados com a própria acumulação interna das empresas, sem alavancagem significativa de recursos através do sistema financeiro. Mas a questão principal, se este de fato é o padrão vigente dos investimentos, é se esta reposi-

ção vem ocorrendo com a incorporação de novas tecnologias e novas formas de gestão e organização da produção, ou seja, se a indústria está se modernizando. Antecipando o que será discutido em maior detalhe adiante, existe efetivamente um processo de modernização no setor, mas restrito e condicionado pelo estado crítico das expectativas em relação às possibilidades de uma retomada sustentada do crescimento da economia brasileira nos próximos anos e pelas incertezas de caráter tecnológico.

3.2.2 O comportamento do faturamento e do emprego

A indústria de autopeças dobrou o seu faturamento em dólares de meados da década de 70 ao início dos anos 80, crescendo a uma taxa de 11,8% a.a. . O emprego subiu de 200 mil empregados em 1974 para 278 mil em 1980, crescendo a uma taxa de 4,8% a.a. . O cotejo destas duas informações permite inferir que este período foi caracterizado por um crescimento significativo da produtividade do setor, que medido grosseiramente foi de 6,7% a.a. .

A partir de 1981, este crescimento vigoroso foi interrompido e as taxas de crescimento tornaram-se instáveis, caindo em alguns anos e crescendo em outros. Mas a manifestação mais evidente desta crise é que o faturamento nos últimos três anos ainda está próximo aos níveis de 1980, a exceção do ano de 1986, período atípico de crescimento da demanda de automóveis. É importante notar que, após o colapso ocorrido em 1981 (ver tabela 3.4), o emprego na indústria vem crescendo ano após ano a uma taxa de 6,6% a.a.,

enquanto a produção cresce a uma taxa de 7,0% a.a (medida sobre os valores em dólares), revelando uma violenta queda nas taxas de produtividade do setor. Estes dados evidenciam claramente algumas das razões internas do esforço desta indústria em racionalizar e modernizar seus processos produtivos.

TABELA 3.4
Comportamento do faturamento e do emprego
na indústria de autopeças
(1974 a 1986)

DADOS \ ANOS	1974	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
FATURAMENTO								
(em US\$ 10x12)	2.5	5.46	4.41	5.11	3.76	4.79	5.53	6.61
EMPREGADOS								
(em milhares)	200	278	198	217	211	240	260	291

Fonte: Sindipeças(1988)

Nota: Os valores nominais foram convertidos pela cotação média anual do dólar, o que pode distorcer as informações devido à instabilidade da política cambial brasileira no período

3.2.3 Composição de mercado e exportações

A indústria de autopeças realizou nos últimos 14 anos uma transformação significativa na composição de suas vendas dentro de seu mercado corrente. A queda nas taxas de crescimento da indústria automobilística a partir de meados da década de 70 e a queda na produção na década de 80; vem exigindo uma estratégia de recomposição dos níveis de "exposure" das autopeças ao mercado das montadoras, como bem registrou Gadelha:

"Embora a política do Sindipeças seja a de encarar o setor externo como estratégia de desenvolvimento e não como alternativa especulativa temporária, as empresas produtoras de autopeças ainda têm utilizado as exportações mais como compensação de um declínio dos demais mercados internos" (Gadelha, 1984, p.52)

Os resultados desta estratégia podem ser claramente visualizados na tabela 3.5 onde se verifica que em 1977, 72,8% do faturamento eram obtidos com vendas às montadoras. Este percentual caiu ano a ano, durante uma década, chegando a 49,5% em 1987. Tanto o mercado de reposição quanto o de exportações têm absorvido parcelas crescentes das vendas da indústria. O mercado de reposição representava 18,5% das vendas da indústria em 1977 e em 1987 chegou a ser responsável por 31%. As exportações, que eram de 3,1% das vendas em 1977, passaram a 16%.

TABELA 3.5
Exportações e composição de mercado
na indústria de autopeças
(1974-1977-1980-1987)

ANOS	1974	1977	1980	1987
MERCADOS				
MONTADORAS	n.d	72.8	70.7	49.5
REPOSIÇÃO	n.d	18.5	18.4	31.0
EXPORTAÇÃO	n.d	3.1	5.8	16.0
OUTROS FABRIC.	n.d	5.6	5.1	3.5
EXPORTAÇÕES(US\$ milhões)	165.	489.7	732.5	1,650

Fonte: Sindipeças(1988)

É extremamente significativo o aumento das exportações no período, que decuplicaram, passando de US\$ 165 milhões em 1974 para US\$ 1,650 bilhões em 1987. Sabe-se que o objetivo da indústria é aumentar ainda mais a participação das exportações no seu "mix" de vendas. Para os nossos propósitos, este movimento é particularmente importante, pois indica que esta indústria se integra cada vez mais ao mercado internacional de comércio de partes e componentes. Isto implica em competir com empresas que estão sofrendo um processo de reestruturação tecnológica, sob o impacto da concorrência japonesa nos mercados ocidentais de autoveículos, que provoca um processo de indução de inovações a partir das montadoras de autoveículos para os produtores de autopeças. Logo, a continuidade desta integração dependerá da capacidade das autopeças brasileiras em estar "up to date" em relação às novas tecnologias. Assim, esta integração é claramente um elemento indutor a mais no processo de difusão de novas tecnologias na indústria de autopeças.

O aumento da participação do mercado de reposição nas vendas é também um fenômeno importante. Podemos lançar a hipótese de que isto se deve tanto à diminuição da produção de veículos novos como ao aumento do número de modelos lançados na indústria nos últimos anos. Em relação a este último fato, vale ilustrar que em 1975 existiam 174 modelos na indústria, entre veículos leves e pesados, e em 1985 este número passou para 291. Sabe-se que a indústria montadora se compromete a fornecer partes e componentes de um determinado modelo durante um período de 10 anos e que, inclusive,

transfere para subcontratadas a produção destas partes e componentes quando elas não alcançam mais lotes grandes suficientes para justificar a escala de produção. Este aumento da diferenciação na indústria de autoveículos, mesmo que não implique necessariamente em componentes mecânicos específicos para cada novo modelo, resulta num aumento da complexidade do "mix" de produtos das autopeças e do tamanho dos lotes a serem produzidos.

Este aumento da diferenciação é também um fator indutor de difusão de novas tecnologias, tanto das que objetivam a redução de estoques intermediários e finais, tipo "just-in-time/kanban", M.R.P (material requirement planning"), como das que possibilitam um aumento da flexibilidade na esfera de fabricação, tipo meios de operação e controle eletrônicos, como MFCNs, C.L.Ps e na esfera de projeto, tipo CADs e terminais gráficos.

3.3 A REESTRUTURAÇÃO TECNOLÓGICA COM BASE TÉCNICA NA MICROELETRÔNICA

3.3.1 Um Cenário Geral da Difusão da Automação Flexível na Indústria de Autopeças

Um estudo empírico da difusão da automação flexível, frente às dificuldades de obtenção de dados adequados para uma aferição rigorosa, exige uma abordagem de aproximações sucessivas que é acompanhada, infelizmente, por uma perda crescente de informações à medida que se detalha a questão. Assim, a análise neste item é uma primeira aproximação e contemplará a difusão num sentido mais amplo, frequentemente usado pela maioria dos autores (Tauile, 1984, 1987 ; Fleury, 1987 e Carvalho, 1986-- p.ex.--), que é o de considerar o estoque de equipamentos em uso num determinado ano. Não é demais enfatizar que este tipo de tratamento é insuficiente, pois apenas tangencia o processo de difusão, que é, por excelência, um fenômeno "time intensive", que obviamente pressupõe o estudo de sua dimensão temporal.

As informações apresentadas a seguir são baseadas em duas pesquisas recentes sobre a difusão da automação flexível na indústria de autopeças: a primeira elaborada pelo Programa de Estu-

dos Pós Graduated da PUC-SP e a segunda por Fleury (1987). Justifica-se a utilização dos dois levantamentos por terem uma natureza convergente e complementar. Convergente por 3 motivos: ambas têm como objeto a difusão da automação flexível, fizeram pesquisa de campo no mesmo período (87/88) e suas amostras apresentam grandes interseções. E complementar, pois, ao adotarem metodologias distintas, enfatizam aspectos distintos do mesmo objeto.

O levantamento feito pela pesquisa PUC envolveu 20 empresas, sendo que apenas 16 informaram e destas, 13 são usuárias de algum tipo de equipamento microeletrônico, seja na esfera da fabricação (MCNs e C.L.P.s) ou na esfera de projeto (CADs). Na pesquisa Fleury (1987), das 18 empresas da amostra, 16 são usuárias. Estes dados parecem indicar que a difusão da automação flexível está sendo vigorosa nas principais empresas do setor, mas, como veremos mais adiante, este vigor deve ser, no mínimo, relativizado.

A tabela 3.6 apresenta a difusão da automação flexível, considerando o estoque de equipamentos microeletrônicos em uso nas empresas pesquisadas no ano de 1987. O que fica evidente nos dois estudos é que a adoção da microeletrônica está basicamente centrada na esfera da fabricação: são 143 MCNs e 57 C.L.P.s, utilizados pelas empresas da amostra PUC e 254 MCNs e 62 C.L.P.s na amostra Fleury, para 4 e 9 CADs, respectivamente. Apesar das duas

pesquisas não terem levantado dados relevantes sobre a origem dos projetos de produtos e processos das empresas, podemos especular que a pouca utilização de CADs está relacionada ao fato de que a maioria das empresas obtém seus projetos por licenciamento, ou os recebem prontos de suas matrizes, o que não justificaria a compra destes equipamentos. As usuárias, nacionais e estrangeiras, são empresas que desenvolvem projetos próprios no país, tanto no que se refere a novos produtos, quanto a novos processos de manufatura.

Tabela 3.6
Estoque de equipamentos microeletrônicos
Indústria de Auto-Peças
1987

Equipamentos	C.Ns	C.L.Ps	C.A.Ds
PUC/FINEP	144	55	5
Fleury(1987)	254	62	9

Fontes: PUC-SP(1988) e Fleury(1987)

Vale registrar a ausência nestas empresas de equipamentos de robotização. Nenhuma das empresas visitadas pela pesquisa PUC-SP manifestou interesse na adoção de robôs (a pesquisa feita por Fleury também não registra autopeças usuárias de robôs), seja para pintura, solda ou posicionamento de peças em processos insalubres. A gerência de processos avançados da maior usuária de microeletrônica na indústria de autopeças considera a robótica como uma tecnologia que ainda precisará sofrer muitos desenvolvimentos

para ter uma aplicação mais ampla no setor, e enfatiza que existe uma mística muito forte em relação a este tipo de equipamento, levando muitas vezes a decisões de investimento equivocadas. No caso desta empresa, ela está preferindo investir em células manufatureiras flexíveis, com transferência e alimentação automática de vários centros de usinagem, operações que são controladas por C.L. Ps. É possível que este sistema evolua para um F.M.S ("Flexible Manufacturing System"), que em algumas configurações envolve a utilização de robôs, mas esta é ainda uma possibilidade muito distante. Aqui são duas as razões básicas para a rejeição da robótica, apresentadas pelas empresas visitadas: a primeira é de natureza técnica, pois as empresas não confiam nas potencialidades dos equipamentos, e a segunda o seu custo, muito alto para as aplicações na indústria de autopeças.

3.3.1.2 Estratégias de Modernização: a adoção da automação flexível

A automação flexível apresenta vários atributos que são radicalmente distintos daqueles que caracterizam a automação rígida, como já foi visto no capítulo 2 desta dissertação. A busca destes novos atributos, vale dizer, a flexibilidade, a integração e a precisão, embasa as decisões empresariais quanto à incorporação de nova base técnica gerada pelo paradigma técnico microeletrônico. No entanto, o comportamento empresarial está longe de ser homogê-

neo em relação à esta busca. Uma das primeiras tentativas de captar esta heterogeneidade, num estudo empírico sobre a automação flexível, é feita por Fleury (1987, p.26), que identifica 3 estratégias distintas de modernização: a primeira, que ele denomina de estratégia sistêmica, tem como objetivo uma reestruturação global da estrutura produtiva da planta no sentido de informatizar, alcançar flexibilidade e integração. Esta estratégia envolve tanto inovações tecnológicas, basicamente automação flexível, como inovações organizacionais: adoção de programas de qualidade, modificações de lay-out (células de fabricação), novas formas de programação e controle da produção, como M.R.P. ("Material Requirement Planning"), Just-in-Time. Neste tipo de estratégia, a adoção da automação flexível é geralmente precedida de um processo de simplificação do processo produtivo, da redução de procedimentos de controle e da linearização da cadeia produtiva. Resumindo, o que é preciso reter desta primeira estratégia é que ela envolve um planejamento de longo prazo, um plano diretor, que sinaliza as decisões empresariais quanto à seleção das inovações relevantes aos objetivos acima nomeados, tendo as inovações organizacionais como instrumento básico de modernização. A segunda estratégia, a parcial, prioriza a adoção da automação flexível, relevando as inovações organizacionais a um segundo plano. Já a terceira estratégia, a convencional, não contempla nem as inovações organizacionais, tampouco as de tecnologia microeletrônica. Apesar de não estar explícita na definição do autor, esta estratégia parece privilegiar a incorporação da base técnica eletromecânica e a automação rígida, além da manutenção das formas convencionais de organização

da produção.

A abordagem sugerida por Fleury, além de identificar a diversidade comportamental do empresariado frente a adoção da automação flexível, é também relevante para a análise da difusão. Uma empresa que segue uma estratégia sistêmica pode ter um ritmo de difusão mais lento de inovações de processos baseados na microeletrônica, já que elas seriam apenas um dos instrumentos na busca dos objetivos básicos de flexibilidade e integração dos processos produtivos e condicionadas a uma preparação prévia da organização e gestão da produção. Isto porque as inovações organizacionais correlacionadas ao sistema kanban/just-in-time permitem que alguns atributos típicos da automação flexível possam ser alcançados com a base técnica eletromecânica. Neste sentido, pode-se considerar que estas inovações organizacionais dão uma sobrevida à base técnica do paradigma eletromecânico. No entanto, é de se esperar que assim que a reestruturação organizacional já estiver madura, o ritmo de difusão da automação flexível se intensifique, pois com ela pode-se ampliar os horizontes de integração e flexibilidade. Já com a adoção de uma estratégia parcial de modernização, o ritmo de difusão intrafirma é mais intenso desde os primeiros momentos da adoção, pois que a prioridade é a incorporação da nova tecnologia. Mas, como foi visto no capítulo 2, pág. 92, a automação microeletrônica exige uma fase de simplificação dos processos produtivos para que os procedimentos rotineiros possam ser incorporados a um programa de computador. Logo, o ritmo intenso de difusão, quando é adotada a estratégia parcial, tende a uma rápida satura-

ção como resultado da inadequação da estrutura organizacional, e pode ser paralisado até que as inovações organizacionais sejam implementadas. As empresas que seguem estratégias convencionais podem, através do "learning by observing", vir a seguir uma estratégia do tipo sistêmica e até ultrapassar as vantagens do "learning by using" daquelas que seguem estratégias parciais. Portanto, o ritmo de difusão não constitui necessariamente um indicador de que os retardatários ("late comers") na adoção, estejam com uma estrutura produtiva menos eficiente que a dos pioneiros ("early comers")¹.

1- Estas considerações tem uma interessante implicação teórica, que vale a abertura de um parênteses: na análise de Mansfield (ver capítulo 1), uma firma que seguisse uma estratégia parcial completaria a difusão intrafirma antes de outra que seguisse uma estratégia sistêmica; pois o crescimento do estoque de equipamentos determina mecanicamente a curva de aprendizado e de difusão. Entretanto, como foi dito acima, este aprendizado pode implicar num retardamento do processo de difusão, após desencadeado seu início, pois o ritmo da difusão pode desarticular a estrutura organizacional da firma, reduzindo sua eficiência, o que acaba por exigir inovações de caráter organizacional.

O estudo de Fleury permite algumas conclusões quanto ao padrão de adoção da automação flexível na indústria de autopeças brasileira. Primeira, as empresas que seguem estratégias sistêmicas adotam equipamentos de automação flexível nas três esferas da produção: na esfera da coordenação, com os sistemas informatizados de gerenciamento administrativo e de P.C.P (Programação e Controle da Produção) na esfera de projetos, adotando a quase a totalidade de CADs das empresas da amostra: são 11 empresas com estratégias sistêmicas, que têm um estoque de 8 CADs, num total de 9 (ver Tabela 3.7), o que é compatível com o objetivo da integração, pois o CAD é instrumento essencial para as formas mais elevadas de integração microeletrônica das esferas da produção, vale dizer, CAD/CAM e CIM, e na esfera da fabricação. Segunda, as empresas com estratégias parciais estão investindo apenas na automação microeletrônica da esfera da fabricação. As empresas que seguem estratégias parciais não estão buscando, neste momento, os atributos da integração microeletrônica e sim aqueles da flexibilidade (mas não sistemas de máquinas flexíveis, que implicam em integração) e precisão, principalmente este último.

TABELA 3.7
Adoção da automação flexível segundo estratégias de
modernização e origem de capital
1987

Origem de Capital	ESTRATÉGIAS								
	Sistêmicas			Parciais			Convencionais		
	CAD	CN	CLP	CAD	CN	CLP	CAD	CN	CLP
N A C I O N A L	1	23	4	0	2	0			
	2	11	20	0	2	0			
	1	15	9	1	33	0			
	0	0	0						
	0	15	0						
	0	2	0						
E S T R A N G E I R A	1	58	1	0	5	5	0	0	0
	0	18	0	0	30	6			
	1	0	0	0	0	15			
	1	31	2						
	1	9	0						

Fonte: Fleury (1987, p.33)

Nota: (Tabela Original em Inglês, Tradução do Autor)

TABELA 3.8
Adoção de novas formas de organização na indústria
de autopeças brasileira
1987

Origem de Capital	ESTRATÉGIAS														
	Sistêmicas					Parciais					Convencionais				
	PQ	TG	CF	JIT	SI	PQ	TG	CF	JIT	SI	PQ	TG	CF	JIT	SI
N A C I O N A L	X	X	X	X	X	X	-	-	-	-					
	X	X	X	X	X	-	-	-	-	-					
	X	I	-	X	X	X	-	X	-	-					
	X	X	X	X	X										
	X	X	X	X	X										
	X	X	X	X	I										
E S T R A N G	X	X	X	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-
	X	X	X	-	X	X	X	-	-	-					
	X	X	X	-	X	X	X	-	-	-					
	X	X	X	X	X										
	X	X	X	I	X										

Fonte: Fleury (1987, p.32) (Original em Inglês, Tradução do Autor)

Notas: (x) indica a adoção da inovação organizacional

(-) indica a não adoção

(I) indica início de implantação

PQ : Programas de Qualidade

TG : Tecnologias de Grupo

CF : Células de Fabricação

JIT : Just-in-Time

SI : Sistemas Informatizados de PCP

PCP : Programação e Controle da Produção

A precisão é um elemento importante na busca pela qualidade.

Consultando a tabela 3.8 pode-se verificar que das 6 empresas que seguem estratégias parciais, 5 adotam programas de qualidade. Como

mostrar-se-á adiante, quando forem tratados os elementos de indução e retardamento do processo de difusão da A.M.E. na indústria de autopeças, as transformações tecnológicas e organizacionais das indústrias terminais tem exigido das autopeças um aumento da qualidade dos produtos, exigência que vem sendo atendida tanto pelos programas de qualidade de corte organizacional (C.E.P.- Controle Estatístico de Processos ; Qualidade Total ,p.ex.), como pela adoção de meios de operação e de controle de qualidade eletrônicos. Esta adoção vem se dando principalmente através da substituição de equipamentos que, segundo a linguagem dos gerentes de manufatura e processos, " não seguram mais qualidade". Assim, a introdução se dá de forma pontual, nos elos da cadeia produtiva que geram estrangulamentos no processo produtivo, sejam estes devidos à qualidade de conformação dos produtos ou , o que é uma questão de eficiência e não de qualidade, à tempos mortos gerados por quebras frequentes ou de longos períodos de "set-up" .

Outro ponto importante para caracterizar o padrão de adoção é o da verificação das áreas de produção onde está sendo absorvida a nova tecnologia de automação flexível. Apesar das pesquisas de Fleury e da PUC-SP não terem conseguido as informações relevantes das empresas (os questionários contemplavam a questão), as visitas às plantas permitiram levantar algumas informações. As MCNs (máquinas a comando numérico) estão sendo empregadas em sua maioria nas ferramentarias, ou na usinagem de materiais ou na medição das ferramentas. Aqui mais uma vez, apesar das empresas enfatizarem a questão da flexibilidade, que é relevante nas ferramenta-

rias, já que estas fabricam lotes pequenos e peças por encomenda da produção (da própria fábrica ou de terceiros), a questão da precisão sobressai. É mais a precisão do que a flexibilidade que explica a adoção. A flexibilidade adquire importância à medida que aumenta o volume de programas a comando numérico arquivados. Assim, quando uma ferramenta quebra e já existem os programas prontos, sua fabricação é bem mais rápida. Caso contrário, o tempo de programação do comando numérico para fabricar a nova ferramenta não é significativamente inferior ao tempo que um ferramenteiro levaria para usiná-la. Mesmo assim, na disponibilidade de uma máquina ferramenta a comando numérico, é mais vantajoso realizar o programa por dois motivos: primeiro, porque ele já fica arquivado, caso haja uma nova quebra previsível ou não; segundo, porque as ferramentas são geralmente feitas de materiais especiais, de alto custo, que no processo não auxiliado por computador sofrem um desperdício maior por erros de usinagem, erros estes que são significativamente reduzidos, quando simulados anteriormente na tela de um computador.

3.3.2 Difusão Temporal da Automação Micro-Eletrônica

São poucas as informações a respeito da difusão temporal da A.M.E. na indústria de autopeças brasileira (e também na indústria de autopeças internacional, ver a respeito Watanabe(1987)).

restritas aos comandos numéricos. Os dados não permitem nem que se verifique o aumento de empresas usuárias ano a ano (difusão inter-firmas) e tampouco o crescimento do estoque de equipamentos por empresa ("próxi" de difusão intra-firma). A pesquisa PUC-SP tentou aferir estas informações nas autopeças, mas encontrou dificuldades muito grandes. Apresentaremos a seguir os resultados alcançados, mesmo que limitados.

TABELA 3.9
Difusão de MCNs na indústria de autopeças brasileira
Empresas Seleccionadas
(1980 a 1987)

EMPRESAS/ANOS	80	81	82	83	84	85	86	87
D	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	0	0	0	0
J	0	0	0	0	0	0	0	4
L	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	1	2	2	8
O	4	8	11	15	15	19	41	59
P	0	0	0	1	3	4	4	11
R	0	0	0	0	0	0	0	0
T	0	0	0	0	0	0	0	15
U	0	0	0	0	0	2	4	8
TOTAL	4	8	11	16	19	27	51	107
Taxa de var.	-	100%	38%	45%	19%	42%	89%	110%
NE/N*	1:11	1:11	1:11	2:11	3:11	3:11	3:11	6:11
Taxa de var.	9%	9%	9%	18%	27%	27%	27%	55%
Brasil (1)	478	602	752	932	1138	1611	2624	3792
Taxa de var.	-	26%	25%	24%	22%	42%	63%	45%

Fontes: PUC-SP(1988) e SOBRACON

Notas:- NE é número de empresas e N* total de empresas informantes

- Os registros referem-se a estoques de MCNs em cada ano
 - Estão incluídos máquinas ferramentas, injetoras e máquinas de medição a CN

(1) - SOBRACON - total de MCNs na indústria brasileira

É preciso fazer algumas considerações preliminares sobre os dados registrados na tabela 3.9. Em primeiro lugar, apesar da pesquisa PUC-SP ter verificado que em 1987 existiam 13 empresas usuárias e 3 não usuárias, apenas 11 detalharam as informações no período considerado na pesquisa (1980 a 1987). Em segundo lugar, é evidente que uma amostra intencional e com pequeno número de ob-

servações (o universo de empresas do setor é de 2000) prejudica ilações taxativas a respeito do fenômeno em estudo. Mas, na ausência de dados melhores e mais consistentes, estes permitem pelo menos lançar algumas hipóteses, que certamente deverão ser objeto de revisão futura.

A primeira informação relevante da tabela 3.9 é aquela referente ao ritmo de crescimento do estoque de MCNs nas empresas selecionadas e o verificado para indústria brasileira como um todo. A taxa de crescimento do estoque de MCNs neste conjunto de empresas é consideravelmente superior ao verificado para o total da indústria. Enquanto o estoque de MCNs na indústria brasileira apresenta taxas de crescimento de 29,5% a.a., no período compreendido entre 1980 e 1987, ele cresce a uma taxa de 51% nas empresas da amostra. Se este comportamento seguir a mesma tendência da indústria de autopeças como um todo, pode-se afirmar que ela é uma das maiores absorvedoras desta nova tecnologia. Neste sentido, existem alguns estudos que apontam para a mesma conclusão: Correa (1983, pp.10-12) registra que, em 1982, 13.7% das usuárias de MCNs no Estado de São Paulo eram autopeças; e Tauile (1987, p.170), citando dados coletados por ele em 1983, afirma que as empresas desta indústria adotavam 150 MCNs, para um total aproximado de 900 (segundo a Sobracon seriam 932), ou seja, 16,7% dos equipamentos.

Uma outra verificação relevante é a evidente aceleração tanto do ritmo de crescimento do estoque de equipamentos a partir de

1985 (o mesmo ocorre para a indústria como um todo) , como da taxa de difusão interfirmas, que atinge 55% em 1987 (ver tabela 3.8). Existem vários fatores que atuam para esta aceleração: o primeiro é uma retomada do crescimento do nível de produção da indústria de autopeças, possibilitado tanto pelo crescimento da demanda do mercado interno como, e principalmente, pela intensificação das exportações diretas ou através da indústria terminal, que implicou em reduções significativas das taxas de capacidade ociosa da indústria, que de um nível de 30% em 1983 caiu para 17% em 1987 (em 1986 foi de 15,7%, ver tabela 3.2). Esta recuperação estimulou uma pequena elevação dos níveis de investimentos a partir de 1984, que parece ter priorizado a modernização dos equipamentos; o segundo fator pode ser imputado à diminuição das incertezas tecnológicas em relação à nova base técnica, através do aprendizado : tanto através do "learnig by using", que vem estimulando as usuárias a intensificar o uso(veja os dados das empresas N , O , P e U na tabela 3.9), como pelo "learning by observing", no caso das primeiras usuárias. É bom ressaltar que a totalidade das empresas visitadas pelo autor manifestaram a intenção de continuar investindo nesta tecnologia, quando usuárias, ou de investir, quando não usuárias.

Neste ponto, cabe fazer algumas considerações sobre o significado das taxas de crescimento do estoque de MCNs. À primeira vista, um crescimento anual de 50% pode parecer uma taxa muito alentadora de crescimento, principalmente considerando a retração dos investimentos verificada no período. Mas este é um indicador

bastante enganoso, por vários motivos: primeiro, porque ele não faz referência ao estoque total de máquinas ferramentas, com base técnica na microeletrônica e na eletromecânica. Assim, não se tem idéia da velocidade de substituição da tecnologia anterior pela nova, que afinal, é o ponto relevante da difusão de inovações de processos. Isto porque a empresa usuária pode estar incorporando tecnologias convencionais a uma taxa crescente, e portanto, estar num processo de reversão do "mix" de tecnologias na direção do processo convencional, como sugerido na abordagem teórica de Stoneman(1983). Segundo, é evidente que no início de um processo de difusão o crescimento do estoque se dá numa escala geométrica, pois a base sobre a qual se calcula o crescimento é diminuta. Terceiro, porque esta taxa de crescimento tem que também estar referida à capacidade produtiva das firmas que ofertam MCNs. Assim, ela é rápida se cresce a uma taxa que exige novos investimentos em capacidade produtiva nas empresas ofertantes e, portanto, a difusão de uso está implicando também em difusão da produção. Este raciocínio pode também ser aplicado a outros equipamentos microeletrônicos e não somente a MCNs.

3.3.2.1 Difusão Intrafirma: a análise de um caso relevante

O estudo da difusão feito acima, só foi possível de ser realizado com base em um único equipamento da família formada pelos meios eletrônicos de operação, vale dizer, as máquinas a comando

numérico. Foi possível perceber que sua adoção vem se dando a um ritmo intenso na maioria das empresas usuárias da amostra. No entanto, não foi possível verificar se este ritmo de adoção tem implicado numa produção crescentemente realizada com um "mix" de tecnologias que privilegia a base técnica microeletrônica. A análise dos dados da empresa O pode lançar alguma luz sobre esta questão.

TABELA 3.10
Difusão da automação flexível na empresa 0
(1980 a 1987)

ANOS	80	81	82	83	84	85	86	87
[1]TOTAL-MFs	1439	1484	1530	1573	1591	1619	1665	1696
[2]CNs	3	3	3	3	3	3	3	3
[3]CNCs	1	5	8	12	12	16	38	56
[4]TOTAL CNs E CNCs	4	8	11	15	15	19	41	59
Ritmo de var. estoque total de CNs	-	100%	38%	36%	0%	27%	116%	44%
[5]CAD	0	0	0	0	0	1	1	1
[6]MAINFRAMES	0	1	1	1	1	1	1	1
[7]MICROS NA PRODUÇÃO	0	0	0	0	2	6	20	26
[4]/[1]	.3%	.5%	.7%	1.0%	.9%	1.2%	2.5%	3.5%

Fonte: Dados primários-PUC-SP(1988)

O estoque de MCNs nesta empresa cresceu 40% a.a em média de 1980 a 1987, um crescimento significativo. No entanto, sua taxa de difusão intrafirma, verificado pela relação entre o estoque de MCNs e o estoque total de máquinas ferramentas, inclusive os comandados a CN, atinge 3.5% em 1987. Ou seja, decorridos 8 anos desde a primeira adoção, a grande maioria das operações de usinagem da empresa, ainda é feita por máquinas convencionais. Estes 3.5% representam apenas uma aproximação da taxa real de difusão intrafirma, por dois motivos básicos: primeiro, porque não permite aferir o quanto do valor adicionado na atividade da empresa é pro-

duzido por estes equipamentos. Seria inútil tentar esta aferição, pois a própria empresa não realiza este cálculo. Segundo, porque estes equipamentos geralmente substituem de 2 a 3 máquinas convencionais, segundo informações da própria empresa, o que significa que o limite de saturação da adoção potencial é de 2 a 3 vezes menor, considerando invariável a capacidade produtiva nominal total da empresa. Ou seja, a substituição de todas as M.Fs da empresa, por MFCNCs, resultaria num estoque final de 546 a 819 MFCNCs, que seria o estoque potencial de adoção, à la Mansfield. Neste caso, a taxa de difusão intra-firma seria de 7% a 10%.

Estes dados confirmam que a intensidade do uso dos equipamentos microeletrônicos é ainda muito pequena na indústria de autopeças. Esta conclusão pode ser respaldada nas seguintes considerações: a empresa O adota 40% do total de MCNs das empresas da amostra e é sem dúvida a maior usuária do setor; é também uma grande usuária, mesmo considerando-se a indústria brasileira como um todo, pois detém 1,6% do estoque total de CNs no país; vem incorporando estes equipamentos há 8 anos e como foi visto, a maioria das empresas do setor produtor de autopeças iniciou a adoção nos últimos 3 anos. Entretanto, apenas 3,5% dos seus equipamentos de usinagem tem base técnica na microeletrônica. Assim, não seria muito temerário supor-se que a situação nas outras empresas produtoras de autopeças seja pior.

Outro ponto importante associado à difusão nesta empresa é o fato de que ela continuou a absorver equipamentos convencionais

nestes últimos 8 anos. A tabela 3.11 revela que a proporção de equipamentos convencionais incorporados pela empresa é superior ao dos equipamentos com base técnica na microeletrônica até 1986.

TABELA 3.11
Adoção de equipamentos convencionais e microeletrônicos
(1981 a 1987)

ANOS	81	82	83	84	85	86	87
ADOÇÃO TOTAL	45	46	43	18	28	46	31
CONVENCIONAIS	41	43	39	18	24	24	13
(EM %)	91	93	91	100	86	52	42
A.M.E.	4	3	4	0	4	22	18
(EM %)	9	7	9	0	4	48	58

Fonte: Dados brutos PUC-SP (1988)

Este fato pode estar associado às inovações de caráter organizacional feitas pela empresa. Nestes últimos anos ela vem adotando "lay-outs" celulares, com base na tecnologia de grupo, que permitem atingir alguns atributos típicos da automação flexível sem a utilização de equipamentos microeletrônicos. Não foi possível obter desta empresa informações exatas sobre as vantagens destas inovações de caráter organizacional, pois ela alegou a dificuldade de isolar os resultados oriundos da automação flexível daqueles das novas técnicas de organização, pois são sinérgicos. Mas a pesquisa em uma outra empresa (empresa I), que não é usuária da A.M.E (Automação Microeletrônica), revela alguns dados significativos quanto aos ganhos obtidos com as novas técnicas de organização (ver tabela 3.12).

TABELA 3.12
Resultados obtidos com o JIT/Kanban*
Empresa I
(1987)

Variáveis	Resultados
"set up"	redução de 50%
tempos mortos	redução de 30%
retrabalhos	redução de 50%
refugos	redução de 70%
estoques intermediários	não tem, mais
área ocupada	redução de 20%
atrasos no programa	caiu de 15% para 5%
custos diretos	redução de 10 a 15%
produtividade	aumento de 30%

Fonte: PUC-SP (1988)

Obs: * O sistema JIT/Kanban pressupõe a utilização de células de fabricação e tecnologia de grupos (ver capítulo 2)

Como foi visto no capítulo 2, a automação microeletrônica aumenta a flexibilidade do processo produtivo, amplia os horizontes da integração do processo fabril e permite ganhos de qualidade devido à sua precisão. Mostraremos abaixo que estes atributos podem também ser alcançados sem o concurso da microeletrônica, como bem alerta Fleury (1987).

O primeiro ponto está relacionado à flexibilidade do processo produtivo. Um indicador desta flexibilidade são os tempos de preparação de máquinas ("set-up"). Não há dúvida que os tempos de "set-up" de um equipamento microeletrônico são muito inferiores aos daqueles com base técnica eletromecânica. No entanto, o "set-up" destes últimos depende muito da forma de organização da produção. Uma vez modificada a organização, os equipamentos convencionais podem ser utilizados com maior eficiência. Com a adoção

da tecnologia de grupo, que é uma forma de organização que cria famílias de peças agrupadas pela semelhança de suas características geométricas e funcionais e que, portanto, recebem uma sequência de operações da mesma natureza, envolvendo sempre o mesmo grupo de máquinas, os tempos de "set-up" caem drasticamente (no caso da empresa I, esta queda atingiu 50%)(Tabela 3.12).

Outro atributo da automação microeletrônica, que pode ser alcançado, dentro de certos limites, com inovações organizacionais, é a integração do sequenciamento da produção. A tecnologia de grupo geralmente é acompanhada por uma modificação do "lay-out" da produção que, de funcional, onde as máquinas são agrupadas pelas suas semelhanças funcionais, passa para celular, onde a lógica do agrupamento passa a ser determinada pelas famílias de peças identificadas pela tecnologia de grupo. O "lay-out" funcional exigia que os materiais percorressem longos trajetos pela planta, pois cada operação era realizada numa área diferente, agora, com o "lay-out" celular, o material recebe toda uma sequência de transformações em uma mesma área. O "lay-out" funcional implicava em um volume considerável de tempos-mortos, devido a problemas de coordenação das operações de transferência, o que fica muito reduzido com o "lay-out" celular. Isto fica comprovado pelas informações da tabela 3.12, onde se pode ver que o volume de tempos-mortos sofreu uma queda de 30% com a adoção destas inovações. Além disso, há uma redução de área de 20%, não só devido às células, mas também às técnicas de inventários mínimos ("just-in-time").

A precisão, outro atributo da automação microeletrônica, pode ser melhorada com a adoção da tecnologia de grupo, das células de fabricação e de novas técnicas de controle de qualidade. Antes é preciso alertar que o sentido da precisão que estamos adotando aqui refere-se ao processo fabril como um todo e não apenas ao equipamento, pois os equipamentos microeletrônicos, em si, são mais precisos (aceitam níveis de tolerâncias bastante baixos). O controle de qualidade numa célula de fabricação é muito mais eficiente daqueles anteriormente utilizados nos "lay-out" funcionais. Antes, o controle de qualidade era feito ao final do processo, o que significava que, após o material ter percorrido várias áreas de produção e recebido várias transformações, se uma de suas dimensões estivesse fora das especificações ele teria que voltar à uma determinada área para ser retrabalhado ou seria refogado. Ou seja, o lote todo poderia ser perdido e com ele todos os tempos de máquinas, de horas de trabalho, além, é claro, do material. Na célula de fabricação isto é evitado, pois o controle de qualidade é realizado não só com propósitos corretivos e de exclusão, mas também de prevenção. A prevenção é feita com uma técnica chamada de C.E.P. (controle estatístico de processos), em que o próprio operador da máquina preenche um gráfico, onde estão marcadas as tolerâncias máximas e mínimas, exigidas em cada operação. Quando o gráfico apresenta um tendência no sentido de ultrapassar as tolerâncias, o operador pode interromper o processo e chamar a manutenção, pois existe um erro sistemático e crescente detectado.

Os ganhos com estas inovações tem implicado não somente em

redução de custos mas em aumento da capacidade produtiva, sem investimentos em novos equipamentos. Isto não é difícil de ser percebido, pois uma redução de tempos mortos de 30% significa que a capacidade nominal de produção pode ser elevada até esta proporção. Este fato é tão relevante que a empresa I reduziu a subcontratação de terceiros e vem utilizando este ganho de capacidade e de flexibilidade em suas negociações de preços com os fornecedores, pois pode verticalizar parte de sua produção. Além disso, o custo total de novos investimentos é diminuído pela redução dos gastos com edificações. No caso da empresa I, a área ocupada diminuiu em 20%, o que permitiria a incorporação de novas máquinas e equipamentos sem novas edificações.

A título de conclusão, é importante reter das considerações acima, inclusive para fins de política industrial, que existe um grande espaço para a otimização do parque de equipamentos eletromecânicos instalado, e que uma priorização da automação microeletrônica, sem ser precedida por um programa de inovações de caráter organizacional é de valor duvidoso, podendo implicar num considerável desperdício e recursos.

3.3.3 Motivos e Obstáculos à Adoção da Automação Flexível

A maioria dos autores brasileiros que tratam da questão da difusão da automação flexível no Brasil não realiza uma abordagem

com base nas teorias de difusão apresentadas no capítulo 1 desta dissertação, tipicamente de tradição anglo-americana. Seus estudos estão principalmente baseados na tradição francesa, mais notadamente nos estudos de Benjamin Coriat, que analisa a automação microeletrônica nos marcos da teoria da regulação, que explica o desenvolvimento das inovações de processos com base na microeletrônica em função do esgotamento do assim denominado padrão de acumulação fordista (Coriat, 1985). A análise de Coriat não se detém sobre a difusão da microeletrônica, mas sim na caracterização dos atributos típicos desta tecnologia e sua funcionalidade para o estabelecimento de um novo "modelo" de acumulação. A abordagem de Coriat, apesar de respaldada em vigorosos estudos empíricos, é essencialmente teórica e visa a construção de um novo paradigma de análise. Esta incompatibilidade de objetivos (o estudo da difusão no Brasil) e de instrumentos (o uso da teoria da regulação) tem levado os autores nativos a um tratamento onde a análise da difusão se esgota em seus motivos e obstáculos. Os motivos sendo invariavelmente os próprios atributos da automação flexível e os obstáculos, os preços dos equipamentos e a crise brasileira. Como esta é uma primeira aproximação da questão, é necessário percorrê-la.

3.3.3.1 Os motivos

É importante notar que as respostas tabuladas na tabela

3.12 privilegiam a melhoria de qualidade. A flexibilidade vem em segundo lugar. Apesar da flexibilidade ser um dos principais atributos da automação flexível, parece que de fato a adoção desta nova tecnologia, nestes primeiros momentos da difusão, não prioriza exclusivamente a flexibilidade mesmo porque, um sistema flexível, envolvendo várias famílias de equipamentos microeletrônicos, exige altos investimentos. A busca de maior qualidade está diretamente relacionada, segundo foi possível aferir em visitas às autopeças, tanto às necessidades do mercado externo, como das montadoras. Entretanto, estes motivos não aparecem como determinantes da adoção, no levantamento feito por Tauile em 1983. É sem dúvida estranho! Se por um lado as empresas podem não querer revelar as pressões feitas pelos seus principais clientes (as montadoras) no sentido de elevar a qualidade através da adoção da nova tecnologia, por outro, não haveria porque não relacionar este aumento de qualidade à tentativa de aprofundar a conquista de mercados externos, estratégia inclusive bem sucedida, como já foi visto na seção 3.2.3. É bom ressaltar que não há dúvida que a automação flexível propicia consideráveis ganhos de qualidade, mas não tem sentido associá-la diretamente às exigências do mercado, que no caso tem como principal comprador as montadoras de veículos automotriz, estruturadas claramente como um oligopsônio. As respostas da tabela 3.13 privilegiam um outro motivo: a competitividade. As empresas ao excluírem as pressões dos clientes como motivo da adoção tendem a enfatizar que somente as ações dos seus concorrentes são relevantes para esta decisão. Não são. As autopeças em maior ou menor grau, mantêm uma clara relação de subordinação com

ção por longos períodos (ver Ferro, 1985 e Gadelha, 1984) e, portanto, as exigências dos clientes quanto à qualidade, pontualidade de entrega e preços são determinantes fundamentais (não exclusivos evidentemente) de qualquer transformação organizacional e tecnológica da indústria de autopeças.

TABELA 3.13
Motivos para aplicação de equipamentos microeletrônicos

Critérios	%
Melhoria de Qualidade	34,4
Flexibilidade	33,0
Competitividade	32,7
Trabalhos que são difíceis ou impossíveis com máquinas convencionais	27,5
Redução de custos	25,6
Controle sobre o processo produtivo	25,0
Escassez de mão de obra qualificada	9,0
Necessidades do mercado externo	3,0
Exigências das montadoras	1,0
Outros	7,2

Fonte: Tauile (1987, p. 171)

Notas: 1- O número de firmas da amostra foi de 14

2- Cada firma deu mais de uma resposta

Obs: Tradução do autor da dissertação

3.3.3.2 Os obstáculos

Os obstáculos registrados pelo trabalho de Tauile (1987) quanto à difusão da A.M.E são basicamente dois: o alto preço do

equipamentos e a crise econômica brasileira. Na pesquisa de campo da PUC-SP, estes dois obstáculos também foram registrados. As empresas atribuem o alto preço dos equipamentos à política nacional de informática, que não permite a importação dos equipamentos que, segundo eles, são de 2 a 3 vezes mais caros no mercado interno, o que deprime as decisões de investimentos e retarda o processo de modernização. O outro obstáculo é a crise econômica, que vem provocando altos níveis da capacidade ociosa na indústria nos anos 80. A questão da qualidade dos equipamentos e da assistência técnica não aparecem como obstáculos relevantes (tabela 3.14).

TABELA 3.14
Maiores obstáculos à difusão de máquinas a C.N.

Obstáculos	nº de respostas
Altos preços dos equipamentos	14
Crise econômica brasileira	12
Custo baixo de mão de obra	7
Altos custos sociais da automação	3
Assistência técnica deficiente	3
Baixa qualidade dos equipamentos nacionais	1

Fonte: Tauile(1987,p. 172)

Nota: A amostra abrange 14 firmas

3.3.4 Fatores de Retardamento da Difusão da Automação Flexível na Indústria de Autopeças

No seção anterior foram vistos os motivos e obstáculos gerais à adoção da automação flexível na indústria de autopeças. O objetivo aqui é voltar ao tema sob o contexto de algumas das hipó-

teses lançadas pelas teorias revistas no capítulo 1.

A) As Incertezas Envolvidas no Processo de Difusão

Um dos aspectos mais enfatizados pelas várias teorias é a questão das incertezas inerentes aos processos de inovação que atuam como fatores de retardamento de sua difusão. A decisão de adoção de uma inovação de processo é tipicamente uma decisão de investimento e, portanto, envolve um esforço de avaliação prospectiva que não se restringe apenas à previsão do comportamento esperado da demanda, mas que abrange também a análise do desempenho da tecnologia adotada. Freeman (1974) propõe que a questão das incertezas seja tratada considerando-se três elementos, que envolvem tanto as incertezas usuais de qualquer decisão de investir, como aquelas inerentes a uma mudança tecnológica. São elas: as incertezas de natureza tecnológica, as incertezas de mercado e as incertezas dos "negócios" ("business uncertainty").

Analisando estas três fontes de incertezas para o caso da indústria de autopeças, pode-se perceber as razões da difusão da automação flexível não estar ainda num ritmo muito acelerado nesta indústria. Em relação às incertezas tecnológicas, as empresas pesquisadas realçaram o fato dos equipamentos brasileiros apresentarem um "lag" tecnológico em relação aos equipamentos já existen-

tes no exterior, o que faz com que elas tendam a esperar por futuros desenvolvimentos dos equipamentos nacionais (este elemento de retardamento, "mutatis mutandi", é muito enfatizado por Rosenberg, nas suas análises sobre difusão de inovações tecnológicas).

Outro ponto relacionado à incerteza tecnológica está na adequação dos equipamentos às necessidades específicas de cada empresa. Uma das empresas pesquisadas, que é uma grande ferramentaria, está há 4 anos estudando a adoção de equipamentos microeletrônicos, até hoje não concretizada. A razão desta espera está no fato dela ter percebido que estes equipamentos não têm sido utilizados em toda sua potencialidade nas usuárias que visitaram. De fato, em visita realizada pelo autor à ferramentaria de uma montadora, verificou-se que máquinas a comando numérico a 5 eixos, de última geração, eram programadas apenas para movimentos em 2 ou 3 eixos, por deficiências na capacidade de programação. Assim, os ganhos potenciais de velocidade e complexidade na usinagem estavam ainda longe de serem obtidos. Outras empresas visitadas relataram ocorrências sérias em relação à nova tecnologia: uma delas ficou com o equipamento paralisado por quase um ano, até descobrir que ele exigia um ambiente climatizado para operar; outra importou uma máquina ferramenta e instalou um comando numérico nacional, e descobriu que não podia realizar as programações de forma adequada. É bom lembrar que estes relatos referem-se a empresas de grande porte e muitas delas multinacionais, o que exclui a hipótese de desinformação. Outro problema tecnológico está relacionado à integração destes equipamentos, extremamente difícil em função da au-

sência de um protocolo comum que permita a comunicação entre as máquinas e meios eletrônicos de controle. Assim, aquela empresa que segue uma estratégia de modernização sistêmica, p.ex., precisa antes resolver os aspectos relacionados aos protocolos de comunicação, pois do contrário, CADs, MCNs, C.L.Ps e micros não se integram. Os exemplos de incertezas tecnológicas são muitos, mas basta alguns para perceber que apesar desta tecnologia estar em pleno desenvolvimento há quase 20 anos, ela ainda apresenta riscos tecnológicos consideráveis, que resultam em aumentos de custos não planejados em sua operação.

As incertezas de mercado, no caso da adoção de uma inovação de processo, estão relacionadas a pelo menos dois riscos: a) ao risco de se adotar uma tecnologia com atraso tecnológico em relação à adotada pelos concorrentes ou b) de adotar a mesma tecnologia, mas sem realizar uma aplicação adequada. O primeiro risco depende de uma avaliação da oportunidade de se adotar já uma determinada tecnologia ou de esperar e adotar em algum ponto futuro. A adoção imediata é calculada em função dos ganhos que podem ser obtidos, em termos de redução de custos e de qualidade de produtos, do aprendizado com o uso e da manutenção do "market-share". Algumas empresas do setor de autopeças preferem adotar a automação flexível hoje, mesmo sabendo que a tecnologia está em evolução, pois acreditam que poderão manter ou elevar suas parcelas de mercado com esta estratégia e ainda estarem melhor preparadas para um aumento da intensidade do uso da nova tecnologia. O segundo risco depende muito da cumulatividade tecnológica de cada empresa,

pois não basta apenas adquirir a nova tecnologia, é preciso estar apta para usá-la. Já foi visto anteriormente que as empresas que seguem estratégias parciais, tendem a se defrontar com uma queda de eficiência de seu processo produtivo, pois a automação flexível exige também transformações organizacionais. Este é um caso típico de fracasso relativo de uma inovação por inépcia no uso, e não devido aos atributos próprios da inovação. Vale enfatizar que a compra das informações para o uso da nova tecnologia não resolve o problema, pois os fornecedores dos equipamentos fornecem apenas as informações básicas sobre suas potencialidades, principalmente quando se trata de poucos equipamentos.

As incertezas dos negócios estão muito bem registradas na tabela 3.14 atrás. A quase totalidade das empresas da amostra de Tauile aponta a crise brasileira como o maior obstáculo para a adoção da automação flexível. Na verdade, nenhuma empresa quer correr o risco de elevar sua taxa de investimentos e se ver com excesso de capacidade adiante. Como foi visto na seção 3.3, as autopeças vem reduzindo suas dotações para investimentos desde 1974 e não há nenhum sinal claro de reversão deste comportamento.

Estes três tipos de incertezas explicam o fato da adoção ser hoje pontual. As incertezas tecnológicas exigem cautela e um período de aprendizado; as incertezas de mercado, por sua vez, requerem a observação das estratégias dos concorrentes, e as incertezas dos negócios em geral exigem investimentos de reposição-

-modernizadora ¹ e não de expansão. Os investimentos tidos como de reposição-modernizadora estão sendo feitos apenas em pontos críticos do processo produtivo e como foi visto, não apenas na tecnologia microeletrônica, mas também em inovações organizacionais, que não demandam grandes volumes de recursos.

1- O que aqui está se denominando como investimentos de reposição-modernizadora são aqueles investimentos feitos predominantemente com recursos próprios, oriundos das provisões para depreciação e dos lucros retidos, feitos em novas tecnologias. E geralmente, no caso das autopeças, envolvendo um período de "pay-off" de no máximo 2 anos.

B) Restrições na Oferta da Automação Flexível

As incertezas relacionadas acima constituem fatores de retardamento no contexto de uma abordagem que privilegia "o lado da demanda" das inovações de processo na indústria de autopeças, mas há que se considerar também as restrições na oferta das inovações de processo com base técnica na microeletrônica. São dois os aspectos mais evidentes a serem tratados: o preço dos equipamentos e a existência de uma capacidade produtiva que atenda ao crescimento da demanda. Infelizmente, a análise destas duas questões não pode ser realizada com base em informações estatísticas precisas, pois aqui também a ausência de informações é quase total. A alternativa, em razão desta deficiência, é utilizar as informações de alguns levantamentos esparsos, e complementá-los com as observações feitas em pesquisa de campo.

Antes, porém, é preciso identificar o assim denominado mercado de automação na manufatura, que é o relevante para o presente estudo. A SEI (Secretaria Especial de Informática) divide o segmento de mercado da automação industrial em dois subsegmentos: o de automação na manufatura e o de controle de processos (SEI, 1987, p. 137). A automação na manufatura compreende os equipamentos de uso mais frequente nas indústrias de processos discretos. São eles: os comandos numéricos, os sistemas CAD/CAM e os sistemas de robótica. O subsegmento de controle de processos engloba os equi-

pamentos típicos da automação microeletrônica nas indústrias de processos contínuos. São eles: os sistemas digitais de controle e supervisão (SCS); os sistemas digitais de controle distribuído (SDCD) e os controladores lógico-programáveis (CLP). Esta classificação feita pela SEI não deve ser considerada de uma forma muito rígida, pois alguns equipamentos de controle de processos, como o CLP, por exemplo, são utilizados frequentemente na automação da manufatura para funções de posicionamento de ferramentas e de controle de transferência de materiais.

Os equipamentos da automação na manufatura não são os que dominam o mercado de automação industrial, detendo cerca de 18% de um volume de vendas global, avaliado em 1986 em US\$ 132 milhões. Os comandos numéricos participam em 12% do volume negociado (66% do subsegmento de automação na manufatura), os sistemas CAD/CAM, em 4% (22% do subsegmento de automação na manufatura); e enfim, os sistemas de robótica em 2% (11% do subsegmento de automação na manufatura). O predomínio dos comandos numéricos na automação da manufatura é evidente, com uma participação marginal dos sistemas de CAD/CAM e de robótica. No entanto, é relevante notar que a participação dos CAD/CAM e dos sistemas de robótica vem se elevando no subsegmento de automação na manufatura: os sistemas CAD/CAM tiveram sua participação relativa aumentada de 5% em 1985, para 22% em 1986; e os sistemas de robótica de 1,4% para 11%, respectivamente. Este fato pode estar indicando uma mudança no padrão de difusão da automação flexível neste final de década, claramente liderado, até então, pelas máquinas a comando numérico, como foi

visto na análise da difusão na indústria de autopeças.

É conveniente, agora, retomar a questão da oferta dos principais equipamentos de automação na manufatura.

Comandos Numéricos

A Política Nacional de Informática e Automação, desde 1982, instituiu a reserva de mercado para a indústria nacional de comandos numéricos, tendo autorizado a partir daquela data, 5 empresas para atuar no segmento de comandos numéricos: Romi, Maxitec, Digicon, CTL (antiga Centelha) e MCS.

TABELA 3.15
Participação no mercado de CNCs das 5 produtoras nacionais
(1984 a 1986)

EMPRESAS	1984		1985		1986	
	Qtde	VALOR	Qtde	VALOR	Qtde	VALOR
CTL	13.2	7.6	11.0	2.1	1.5	.6
DIGICON	13.8	10.8	11.5	11.7	6.2	7.9
ROMI	28.2	36.9	27.7	42.0	31.2	42.4
MAXITEC	36.8	43.5	44.2	42.8	40.3	44.7
MCS	8.0	1.1	5.5	1.3	20.8	4.3
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Fonte dos Dados Primários: SEI(1987,p. 144)

Pelas informações da tabela 3.15 percebe-se que existe neste segmento um processo de consolidação da liderança de mercado de duas fabricantes, a saber, as Indústrias Romi e a Maxitec, detentoras, em 1986, de 87% das vendas em valor. Estas empresas formam um duopólio evidente neste segmento, garantido por uma barreira à entrada de natureza institucional. Não foi possível obter informações sobre a política de preços destas empresas, mas não é difícil supor que operem com margens de lucros altas e que tenham uma privilegiada capacidade de repassar aumentos de custos para seus preços. Algumas das empresas usuárias visitadas pelo autor na indústria de autopeças (e montadoras) afirmaram, e comprovaram com documentos de tomada de preços, que os preços de alguns dos equipamentos destas empresas, além de serem cerca de 3 vezes maiores que os de similares estrangeiros, vêm subindo, em dólares, nos últimos 5 anos. Tem-se aqui dois fatos relevantes: a diferença abso-

luta de preços entre equipamentos nacionais e estrangeiros e a inflação, em dólares, dos equipamentos nacionais. A diferença absoluta de preços, segundo Ferreira (1987,p.160) está relacionada a custos fixos por unidade altos em função das escalas mínimas necessárias à implantação da indústria, dos altos custos de importação de insumos eletrônicos "uma vez que a pequena escala das compras não permite efetuar pedidos diretamente aos fabricantes de componentes, levando a importações por meio de intermediários"(Ferreira, op.cit., p. 160), além de gastos com P&D, assistência técnica e marketing .

Por outro lado, é difícil compreender o aumento dos preços medidos em dólares, já que o esperado seria que os custos de produção se reduzissem à medida que a quantidade produzida fosse aumentando (Ferreira registra ainda que as empresas alegam ter ocorrido uma redução de custos de 20% nos últimos anos ,op.cit., p. 141). Esta inflação em dólares pode ser explicada por um argumento de Ferreira, originalmente aplicado a um outro contexto, que vale reproduzir abaixo:

"Fazendo-se uma consideração especulativa, acredita-se que o estabelecimento de elevadas margens de lucro [nas empresas produtoras de CNCs] reflita tanto incertezas quanto à continuidade da política de reserva de mercado, quanto barreiras tecnológicas à entrada, conjugadas à uma demanda aquecida. Incertas quanto à continuidade da política de informática, as empresas teriam optado por preços maiores como forma de amortizar rapidamente os investimentos feitos..." (Ferreira, op.cit, p. 161)

O argumento de Ferreira tem boas possibilidades de ser válido, pois são conhecidas as reiteradas pressões feitas para levantar a reserva de mercado para a informática. É de se esperar que em um ambiente de permanente instabilidade quanto ao futuro da reserva de mercado, as empresas produtoras procurem seguir uma estratégia de amortização acelerada dos investimentos, mesmo ao custo de uma redução do ritmo de crescimento da demanda. No entanto, o argumento não esgota a questão. É provável que existam outras razões, e é possível citar-se duas: a primeira delas é elevação dos custos dos insumos eletrônicos importados, cotados em yens e em marcos alemães, moedas que sofreram uma apreciação média em relação ao dólar de 1985 a 1987, de 65%. A segunda é o aumento de custos relacionados ao licenciamento da tecnologia de CNCs (e de máquinas-ferramentas), obtidas em sua maioria de empresas alemãs e japonesas (ver Ferreira, op. cit., pp. 151-153).

Estas últimas informações exigem uma reflexão adicional: se os preços reais das MCNs vêm se elevando nos últimos 3 anos (1985 a 1987), como se explica o fato de o ritmo da difusão deste equipamento acelerar-se justamente neste período de tempo? Uma das respostas plausíveis (excluindo a hipótese de informação viciada) é a da entrada no mercado de CNCs menos complexos, (acoplados a máquinas também menos complexas) e de preços unitários significativamente inferiores aos dos CNCs de grande porte. Como as pesquisas que embasam esta dissertação não desagregam os dados por porte dos equipamentos, este fenômeno fica indistinguível.

Esta hipótese pode ser corroborada com algumas informações divulgadas pela SEI e que constam das tabelas 3.15 e 3.16. A participação da empresa MCS no mercado de CNCs (típica fabricante de CNCs de pequeno porte), quando medida em função da quantidade de equipamentos vendidos, subiu de 8% em 1984, para 20.8% em 1986 (ver tabela 3.15). O aumento de sua participação é indicação clara da hipótese aqui sugerida. A tabela 3.16 revela com nitidez ainda maior a questão em foco: em 1986, o aumento das vendas da MCS contrasta com a desaceleração do crescimento das vendas das outras empresas do setor, inclusive com a queda absoluta de vendas da CTL e da DIGICON. Em entrevistas recentes com especialistas da área, foi possível comprovar a relevância desta tendência da difusão, inclusive porque ela sinaliza o acesso de pequenas e médias empresas às novas tecnologias com base técnica microeletrônica e é certo que as fabricantes de CNCs de grande porte passem também a atuar nesta área.

TABELA 3.16
Vendas de CNCs por empresas produtoras
(1984 a 1987)
Brasil

EMPRESAS	1984		1985		1986	
	UNIDADES	VARIAÇÃO	UNIDADES	VARIAÇÃO	UNIDADES	VARIA-
CÃO						
CTL	23	-	40	74%	9	-78%
DIGICON	24	-	42	75%	36	-14%
ROMI	49	-	101	106%	181	79%
MAXITEC	64	-	161	152%	234	45%
MCS	14	-	20	43%	121	505%
TOTAL	174	-	364	109%	581	60%

Fonte: SEI(1987)

Para os propósitos do argumento desenvolvido neste tópico, que é o de identificar fatores de retardamento da difusão da automação flexível na indústria de autopeças gerados por restrições do "lado da oferta", é significativo o registro de que a elevação dos preços reais dos equipamentos a comando numérico tem implicado na paralisação ou adiamento de alguns projetos de modernização, fato comprovado em entrevistas feitas pelo autor. Este comportamento dos preços, se efetivo, constitui um constrangimento real à difusão do principal equipamento de automação microeletrônica nas indústrias de formas em geral e na indústria de autopeças, em particular.

Um outro ponto relacionado à questão da oferta dos equipamentos é o do potencial de crescimento da capacidade produtiva

deste segmento de mercado em relação à taxa de crescimento da demanda e, portanto, da difusão. A resposta a este ponto só pode ser especulativa, já que mais uma vez não existem dados para uma avaliação adequada. As empresas do setor parecem estruturar-se de forma oligopolista, operando com altas taxas de "mark-up", protegidas por barreiras institucionais à entrada. Neste contexto, é provável que sua acumulação interna cresça a taxas superiores ao crescimento de seu mercado corrente, o que garantiria, em princípio, o financiamento dos investimentos necessários para adequar a capacidade produtiva. Se isto não ocorrer, existe ainda a possibilidade de ser autorizada a entrada de novos produtores. Portanto, não parece haver problemas visíveis quanto a este ponto.

Outra fonte de retardamento do processo de difusão é a inadequação dos modelos dos equipamentos produzidos pelas empresas nacionais à aplicações mais complexas. Neste particular, é importante ressaltar que as importações de equipamentos a comando numérico podem ser realizadas quando não existe similar nacional, o que supre esta deficiência, mesmo que envolvendo um complicado e demorado processo de tramitação burocrática.

Apesar da expressiva redução da proporção de equipamentos de origem estrangeira instalados, ocorrida no anos posteriores à reserva de mercado, as importações em "quantum" vêm aumentando (certamente em valor também, pois os equipamentos importados são mais sofisticados). Nos anos de aquecimento da demanda por MCNs (1985 a 1987), a incorporação de equipamentos importados chegou a tri-

plicar (tabela 3.17), passando de 60 unidades em 1985 para 180 em 1986 e 150 em 1987, ultrapassando em muito os valores registrados no início da década. Estes dados revelam uma razoável flexibilidade na política de reserva de mercado, apesar das severas e constantes críticas dos usuários à sua extrema rigidez, e indicam que não há constrangimentos severos à oferta de comandos numéricos, mesmo dos equipamentos de última geração.

TABELA 3.17
Parque instalado de máquinas a comando numérico
(1980 a 1987)

ANOS	MÁQUINAS NACIONAIS	MÁQUINAS ESTRANGEIRAS	TOTAL
ATÉ 1980	172	306	478
1981	69	55	124
1982	120	30	150
1983	150	30	180
1984	153	53	206
1985	413	60	473
1986	833	180	1013
1987*	1018	150	1168
TOTAL	2928	864	3792

Fonte: Boletim Sobracon

Notas: * - valores estimados

Os Sistemas CAD/CAM

Como foi visto, os sistemas CAD/CAM não têm participação muito significativa no mercado de automação na manufatura como um

todo e tampouco têm sido incorporados de forma intensa na indústria de autopeças. As razões deste fenômeno dificilmente podem ser atribuídas, no período compreendido entre 1980 e 1987, a problemas na oferta destes sistemas. Para uma análise mais adequada desta questão é conveniente realizar um corte temporal, tendo como referência a instituição da reserva de mercado a partir de 1985.

Até 1984, havia uma predominância exclusiva dos sistemas importados no mercado brasileiro de sistemas CAD. Portanto, é a oferta mundial destes equipamentos que é relevante para avaliar-se se houve neste período algum obstáculo sério para a difusão de sistemas CAD no Brasil e na indústria de autopeças em particular. Segundo dados coletados por Ferreira, a oferta no mercado internacional foi crescente neste período, tendo crescido 4 vezes, passando de US\$ 592 milhões em 1980 para US\$ 2,335 bilhões em 1984 (Ferreira, op. cit., p.310). Por outro lado, as vendas no mercado brasileiro chegavam, em 1983, a insignificantes US\$ 6 milhões (c. f. Amato, 1989, p. 3.12), o que certamente não pressionou o mercado internacional.

A partir de 1985 foi instituída a reserva de mercado para a produção de sistemas CAD no Brasil. Algumas empresas do setor de autopeças atribuem a este fato seu desinteresse em adotar a nova tecnologia, já que os equipamentos nacionais são muito mais caros que os estrangeiros. Seguindo este raciocínio, parece que as empresas atribuem a não adoção, no período 1980 a 1984, aos problemas da crise no setor, que desestimulou novos investimentos e

no período 85-87, à reserva de mercado, que elevou o preço dos sistemas CAD. Não há informações disponíveis quanto à evolução destes preços e nenhuma indicação de que eles foram afetados da mesma forma que os comandos numéricos. No entanto, é provável que tenha ocorrido o mesmo fenômeno, sendo as explicações as mesmas dadas acima.

Os Sistemas de Robótica

A importância dos robôs na automação da indústria de autopeças brasileira pode ser considerada nula, já que não adotam este equipamento. As empresas pesquisadas, em sua maioria, não indicaram problemas que tenham origem na oferta destes equipamentos para a sua não adoção, mas tão somente a sua inadequação aos planos de modernização em andamento, que não privilegiam sistemas flexíveis integrados, onde os robôs podem ter algum emprego. Uma das empresas pesquisadas, apesar de ser produtora de robôs, não os emprega em sua planta, alegando o mesmo motivo. Não é esperado que nos próximos anos os sistemas de robótica venham a ter alguma importância para esta indústria, mesmo de forma isolada, pois suas aplicações mais comuns, solda, pintura e transferência de materiais, são hoje realizadas com grande eficiência por máquinas dedicadas, que ainda podem sofrer adaptações no sentido de tornarem-se mais flexíveis, com o uso de C.L.Ps.

Caso as autopeças venham a utilizar sistemas de robótica, é muito pouco provável que enfrentem problemas na oferta dos equipamentos, pois existem fortes indicações de que a indústria de robótica brasileira está operando com capacidade ociosa, em função de erros de previsão na constituição da capacidade instalada. A primeira indicação desta sobrecapacidade pode ser obtida do cotejo do número de empresas autorizadas a operar neste segmento (16, Amato, 1989, p. 3.17) e das efetivamente em operação (5, segundo a SEI, 1987, p. 145), sendo que destas últimas apenas 3 tem uma produção relevante. A segunda indicação pode ser obtida das previsões de vendas feitas para o ano de 1987: a primeira previsão foi feita esperando-se um aumento de vendas de 33 unidades em 1986, para 62 unidades em 1987. Posteriormente houve uma revisão para 28 unidades, menos que a metade do previsto (Boletim Sobracon, 1988, p. 38).

imperativa para a estratégia das produtoras brasileiras de autopeças.

Se por um lado, a crise econômica nacional e a estagnação do mercado automobilístico nacional têm imposto uma estratégia de modernização; por outro, eles restringem o ritmo deste mesmo processo. Este fato é explicado pelas altas taxas de capacidade ociosa vigentes na indústria de autopeças na década de 1980, que têm deprimido as taxas e volumes de investimentos realizados. Assim, os investimentos em modernização industrial, que estão em andamento, têm visado, principalmente, a reposição de equipamentos obsoletos e a modificação dos "lay-out" das fábricas e não a expansão da capacidade produtiva.

Assim, não é nenhuma surpresa o cenário encontrado em relação à difusão da automação flexível na indústria de autopeças. Mesmo nas grandes empresas do setor, engajadas em vigorosos programas de exportação, a difusão é pequena e o pouco que existe é justificado pelas necessidades de aumento de qualidade em pontos críticos do processo produtivo. Tampouco é injustificada a concentração da difusão da automação flexível em meios eletrônicos de operação, na esfera da fabricação, pois o atributo mais procurado no momento é a precisão na conformação dos produtos. O atributo da flexibilidade, apesar de ser um dos motivos para a adoção da automação microeletrônica, parece ter, nesses primeiros momentos da difusão, um papel secundário, pois que a montagem de sistemas flexíveis exigem altos volumes de investimentos. O mesmo ocorre em relação

ao atributo da integração e tanto é assim, que das empresas cobertas pela pesquisa realizada pela PUC-SP e por Fleury(1987), em apenas uma havia uma ilha flexível de usinagem (a mesma) e em nenhuma foram encontradas máquinas integradas por cabos (DNCs—"Direct Numerical Control") e CAD/CAMs efetivamente integrados.

Portanto, uma conclusão inevitável é que a difusão da automação flexível nessa indústria é ainda muito pequena e ocorre sem explorar as principais potencialidades dessa nova tecnologia. Neste ponto em particular, é preciso ressaltar que novas pesquisas precisam ser realizadas, de forma a abranger uma amostra estatística estratificada (em razão da heterogeneidade da indústria), para que se possa confirmar o que aqui está indicado através do uso de pesquisas de campo de âmbito limitado. E também, se aprofundar a criação de indicadores adequados de difusão, utilizando-se as sugeridas pelas teorias resenhadas no capítulo um desta dissertação.

Outra verificação relevante é a de que o ritmo de difusão da automação flexível está intimamente associado às estratégias de modernização seguidas pelas empresas. Assim, estratégias parciais de modernização podem implicar em ritmos acelerados de difusão intrafirma que não necessariamente tem continuidade, pois que são obstaculizados pela inadequação da estrutura organizacional das empresas à nova tecnologia. De outro lado, empresas que seguem estratégias sistêmicas de modernização, podem apresentar um ritmo inicial de difusão intrafirma menor, mas que se mantém ou até s

acelera à medida que se aprofunda o processo de aprendizado tecnológico. Ainda foi possível aferir que existe um grande espaço para a adoção de inovações de caráter organizacional, que além de serem adequadas para um momento de crise, pois que exigem volumes de investimentos menores, também preparam o caminho para uma adoção mais eficiente da automação flexível. Esta constatação deve ser sublinhada, pois é de importância fundamental para políticas de modernização da indústria, já que indica que estímulos sem critérios à difusão acelerada da automação podem resultar em grandes desperdícios de recursos.

Ainda é necessário, nestas conclusões, apontar para algumas linhas de pesquisa que poderiam aprofundar vários dos aspectos que não foram tratados no âmbito desta dissertação. Por exemplo, tratar a difusão da automação industrial dentro de complexos industriais, no sentido de verificar os mecanismos de indução do processo inovativo através de processos de natureza econômica e tecnológica. Esta dissertação centrou-se basicamente em estratégias autônomas das autopeças no processo de modernização, mas é evidente que muitas das suas decisões de investir dependem das políticas de seus parceiros oligopsonistas, muitas vezes atuando como quase-firmas das montadoras. Assim é que algumas das inovações organizacionais adotadas pelas autopeças foram adotadas por exigência direta dos clientes: é o caso do CEP (controle estatístico de processos) que foi adotado por todas as empresas da amostra da pesquisa PUC-SP devido tanto à estratégia exportadora das montadoras, como à introdução do JIT/Kanban nas montadoras. Também a adoção do

JIT/Kanban em algumas autopeças foi feita como forma de diminuir o aumento de estoques provocados pela adoção do JIT/Kanban nas montadoras. Mesmo a adoção da automação flexível em algumas autopeças é resultado das políticas de qualidade das montadoras, quando não exigência direta. Ainda, é relevante o caso de uma fabricante de vidro que realizou significativas inovações de processos na fabricação de vidro plano, em função das mudanças na fixação dos para-brisas na linha de montagem final de automóveis de uma montadora brasileira (Hirata, 1989).

APÊNDICE AO CAPÍTULO 1

Uma Tipologia de Inovações

O objetivo da inserção desta tipologia em apêndice é o de permitir um desenvolvimento ágil do texto no capítulo 1. As teorias de difusão nele resenhadas, apesar de se restringirem às inovações de processos, também podem ser aplicadas às inovações de produtos e a vários outros tipos de inovações, feitas as adaptações necessárias nos modelos formais. O detalhamento de todas as vertentes de análise do processo de difusão, segundo os cortes básicos (difusão intra-firmas, inter-firmas, intra-economia, inter-economias) e segundo os tipos de inovações, demandaria, em si, a elaboração de uma dissertação específica. Não sendo esta a pretensão deste trabalho, vale aqui apenas registrar alguns dos conceitos utilizados, com frequência, na literatura e no desenvolvimento dos capítulos 1, 2 e 3.

A profusão de conceitos de inovações e de tipos de inovações, justifica plenamente esta tentativa de organizá-los. Numa listagem não exaustiva de tipos de inovação, chega-se a 5 grupos, que se desdobram em pelo menos 10 sub-grupos, agregados segundo os seus atributos mais gerais. Existem inovações de produtos e processos; inovações disruptivas e incrementais; primárias e deriva-

das; ofensivas e imitativas, tecnológicas e organizacionais; endógenas e exógenas... Todos estes tipos se interpenetram, podendo gerar ainda mais combinações. Listar, agrupar e definir estes vários tipos, é útil, como procedimento heurístico, para se entender melhor as teorias que explicam a gênese das inovações e sua difusão pelo sistema econômico.

Os 5 grupos ou grandes tipos de inovações são os seguintes, segundo critérios propostos por esta dissertação. Inovações segundo:

I - O Dinamismo

Inovações disruptivas
inovações incrementais

II - A Origem

Inovações primárias
Inovações derivadas

III - O Caráter

Inovações Endógenas
inovações Exógenas

IV - A Natureza

Inovações Tecnológicas
Inovações Organizacionais

V - Categorias de Uso

inovações de produto
inovações de processos

I Inovações segundo o dinamismo

O elemento central a ser considerado nesta classificação é o atributo transformador da inovação, sua capacidade de abrir novas fronteiras de acumulação de capital e de se alastrar no sistema econômico. Portanto, não está em questão apenas a realização de uma nova combinação, mas a dimensão do impacto econômico que ela provoca. Neste sentido, deve-se considerar dois tipos de inovações: as disruptivas e as incrementais.

1.1 Inovações disruptivas

Tradicionalmente, esta noção é designada por inovação primária, no entanto, esta designação pode resultar em leituras diversas, pois a palavra primária implica numa relação de antecendência que pouco ou nada tem a ver com o significado econômico. A denominação disruptiva diminui os espectros de conotações possíveis

refere-se diretamente à idéia de rompimento violento com o "status quo" anterior, que é o núcleo significativo do conceito em foco. nova combinação de materiais e forças deve retirar o sistema econômico de sua posição estática, conduzindo-o para um estado novo irreversível. Esta irreversibilidade significa que, mesmo após processo de absorção econômica da inovação, a nova posição alcançada não é a mesma que a anterior (Schumpeter, 1982, cap. VI).

As inovações disruptivas engendram um processo de destruição criadora, ao disputar o espaço econômico com as combinações antigas e criando novos espaços. Schumpeter, para realçar seu argumento e evidenciar as descontinuidades envolvidas no processo inovativo, assume a hipótese simplificadora de que as novas combinações são introduzidas por novas firmas, que retiram os meios de produção necessários das combinações antigas, elevando os custos de produção destas últimas e, posteriormente, conquistando seus mercados em definitivo.

I.2 Inovações incrementais

A noção de inovações incrementais implica na idéia de adaptações contínuas, feitas em pequenas etapas (Schumpeter, 1982, p. 48). São ajustes feitos nas combinações existentes:

"... são extensões de tecnologias existentes, que melhoram a performance do produto, custos, ou qualidade, passo por passo." (Utterback, 1983, p.53)

Estas inovações já ocorrem no âmbito da rotina e portanto, são feitas seguindo parâmetros claros de avaliação, praticamente não envolvendo incertezas significativas, em oposição às inovações disruptivas, que envolvem grandes riscos. Seus impactos econômicos também são limitados, apenas propiciando ganhos relativos temporários, facilmente eliminados pela reação das firmas concorrentes.

Outras definições de inovações incrementais podem ser encontradas em Freeman & Perez (1986, p.360) e em Araújo Jr. (1984, p.12). Este último utiliza a denominação de inovações secundárias, que pelos mesmos motivos expostos no item 1.1, não é utilizada aqui.

II Inovações segundo a origem

A inovação pode ser a matriz de uma série de outras, que não são meramente imitações da primeira, mas uma utilização criativa de seus princípios básicos. Neste sentido, são inovações que deri-

vam das que as antecedem, inclusive podendo ser resultado da convergência de várias inovações em áreas distintas. (ver Rosenberg, 1976, p.201)

II.1 Inovações primárias

Araújo Jr. as define como uma mudança radical da base técnica existente (Araújo Jr., 1986, p.12), acrescentando o fato de inaugurarem um processo de destruição criadora. Este adendo parece não ser adequado, pois nem todas as inovações primárias são importantes o suficiente para reordenar o sistema econômico. Podem ter impactos setoriais significativos, mas circunscritos, com poucos desdobramentos em outros setores. Por exemplo, a introdução de lâmpadas fluorescentes no mercado implica num rompimento radical com a base técnica das lâmpadas com filamentos, mas poucos economistas ousariam dizer que esta inovação teve impactos disruptivos no sistema econômico, suficientes para serem entendidas como um processo de destruição criadora.

II.2 Inovações derivadas

É difícil encontrar na literatura alguma definição de inovação derivada, pois este conceito aparece sempre implícito. Cabe

desta forma, uma aproximação através de uma definição negativa. Assim, uma inovação derivada não é apenas uma pequena mudança em inovações existentes, é uma criação nova. O desenvolvimento dos circuitos integrados possibilitou a criação de uma série de produtos novos, que não são imitações de produtos antigos. É resultado do surgimento de um novo paradigma tecnológico, o da micro-eletrônica. Realizando uma apropriação provisória do conceito de paradigma tecnológico, pode-se definir inovações derivadas como aquelas que resultam de um novo padrão de solução de problemas tecnológicos.

III Inovações segundo o caráter

Aqui se encontram dois tipos básicos, sugeridos por analogia às noções de progresso técnico endógeno e exógeno, enunciadas por Araújo Jr. (Araújo Jr., 1984, p. 12). A questão da produção e uso das inovações é que está no núcleo destas definições.

III.1 Inovações exógenas

Adaptando a definição de Araújo Jr., pode-se definir inovação exógena como aquela que "... implica em absorção de inovações produzidas em outros ramos da economia". (Araújo Jr., op. cit.,

p.12). O uso de uma determinada inovação pode constituir, ele mesmo, em uma inovação, na medida em que pode gerar um aprendizado pelo uso ("learning by using"), que coloca o usuário numa posição competitiva vantajosa frente aos concorrentes. O uso da automação flexível na indústria é o caso típico deste processo, pois os equipamentos são originários de outros ramos industriais e sua adoção implica num processo de adaptação aos usos específicos.

III.2 Inovações endógenas

Este tipo de inovação é gerado na própria indústria, ou por ela já ter se especializado como produtora de bens de capital, ou para se manter à frente de competidores. Neste caso, as firmas de uma indústria podem desenvolver equipamentos, apesar desta não ser sua atividade própria. É o que acontece hoje com firmas da indústria automobilística, que compram ou se associam à firmas produtoras de equipamentos micro-eletrônicos.

IV Inovações segundo a natureza

É comum encontrar-se na literatura diferenciações entre inovações tecnológicas e organizacionais sem que se defina o que elas significam. Portanto uma definição é necessária.

IV.1 Inovações Tecnológicas

Numa primeira aproximação pode-se defini-las como aquelas que envolvem uma recombinação de materiais. Assim, estão incluídas aqui as inovações de produtos e processos, definidas no item V. O elemento físico é chave nesta definição, pois a inovação deve resultar numa nova substância ou forma material, seja qual for o seu uso.

IV.2 Inovações Organizacionais

No dicionário Aurélio (1975) o verbo organizar é entendido como: "Dar às partes de (um corpo) a disposição necessária para as funções a que ela se destina". (Aurélio, 1975, p.1005). O substantivo, portanto, como sendo o ato ou efeito de se organizar. Esta definição é perfeita para a compreensão do que seja uma inovação organizacional, pois esta última envolve uma nova disposição das condições materiais de produção. As ilhas de fabricação constituem um bom exemplo deste tipo de inovação (ver cap.3).

V Inovações segundo categorias de uso

Existem dois grandes tipos de inovações tecnológicas: as inovações de produtos e as de processos. Não é simples diferenciar estes tipos de inovações, pois o que pode ser uma inovação de produto para a firma que produz a inovação, pode ser uma inovação de processos para aquela que a adota. As máquinas ferramentas a comando numérico ou os robôs são novos produtos para as firmas do setor produtor de bens de capital, mas novos processos para a indústria automobilística, por exemplo.

V.1 Inovações de processos

"Inovações de processos são avanços tecnológicos que reduzem os custos de produção de produtos existentes..." (Kamien&Schwartz, 1982, p.2). Esta definição, apesar de boa, é restritiva, pois é comum na indústria de processos contínuos a inovação de processo acompanhar a inovação de produtos.

V.2 Inovações de produto

É aquela que gera um novo produto.

BIBLIOGRAFIA

ALTSHULER, Alan et alii. The Future of the Automobile. 3.ed.. Cambridge, Mass., MIT Press, 1985.

AMATO, João. Automação Industrial e Seus Impactos Econômicos E Organizacionais no Setor Mecânico: Bens de Capital. In: Para Um Levantamento Sistemático dos Impactos Sócio-Econômicos da Automação Microeletrônica. São Paulo, DIEESE, 1989. cap.III.

ANDRÉ, Maristela de. À Procura de Uma Sistematização de Indicadores e Fontes Sobre Impactos Sócio-Econômicos da Automação Microeletrônica. In: Para Um Levantamento Sistemático dos Impactos Sócio-Econômicos da Automação Microeletrônica. São Paulo, DIEESE, 1989.

ANDRÉ, Wu; ARACRE Filho, Alfredo; KAWAKAMI, Masayuki. Simplificação, a Etapa que Antecede a Automação. Automação & Indústria, Rio de Janeiro, out.-nov. de 1987. Ano I, n.2, p.5.

ARACRE, Alfredo & KAWAKAMI, Masayuki. Receita para a fábrica do futuro. Automação & Indústria. Rio de Janeiro, ag.-set. de 1987. Ano I, n.1, p.30.

ARAÚJO Jr., José Tavares. Mercados Contestáveis e Concorrência Schumpeteriana nas Economias de Industrialização Recente. Rio de Janeiro, UFRJ-IEI, 1984. (Texto para discussão; 42)

BRAVERMAN, Harry. Trabalho e Capital Monopolista: A Degradação do Trabalho no Século XX. 2.ed. Rio de Janeiro, Zahar, 1980.

BOLETIM DO DIEESE, São Paulo, n.8, 1984.

BOLETIM informativo. Panorama do Setor de Informática. Brasília, SEI, v.7, n.16, 1987. edição especial.

BOLETIM SOBRACON, São Paulo, ano III, n.33-34. s.d..

CORREA NETO, Angelo P.M.. Empresas Usuárias de Equipamentos Comando Numérico no Estado de São Paulo. São Paulo, SENAI, 1983.

CARVALHO, Rui de Quadros. Automação e Trabalho: Implicações Sociais da Tecnologia Micro-Eletrônica na Indústria Automobilística Brasileira. Campinas, s.ed., 1986. (Dissertação de Mestrado, Depto. de Ciências Sociais, FFCH/UNICAMP).

CORIAT, Benjamin. Robots et Automates dans les Industries de Série - Esquisse d'une 'Économie' de la Robotique d'Atelier. In: 'Les Mutations Technologiques', Actes du Colloque ADEFI. Paris, s.ed., 1980.

----- L'atelier Fordien automatisé: micro-eletronique et travail ouvrier dans les industries de chaine. Raports Pour Le Socialisme. Paris, s.ed., 10:90-101, nov/dez.1981.

----- Economie de la Robotique Industrielle. Coloque International des Economistes de Langue Française. Strasbourg, s.ed., 26-27 maio 1983.

----- La Robotique. Paris, La Découverte / Maspero, 1983.

----- Micro-Eletrônica e Novas Formas de Organização da Produção. texto preparado para o Projeto OIT/PNUD/CNRH/IPEA (BRA/82/024). Brasília, s.ed., 1985. original em francês

----- Crise e Automação Eletrônica da Produção, Robotização da Fábrica e Modelo Fordiano da Acumulação de Capital. Pesquisa & Debate. São Paulo, PUC-SP, 1985. original em francês.

DIEESE- Informativo Sócio Econômico "Trocando em Miúdos". "Autopeças: um setor estratégico". São Bernardo do Campo, Subseção do DIEESE - Metalúrgicos, nº 6, maio.1988. 36p.

DOSI, Giovanni. Technical Change and Industrial Transformation: The Theory and an Application to the Semiconductor Industry. London, Macmillan Press, 1984.

----- Technological Diffusion: The Theory and Some Methodological Suggestions for the Estudy of the Brazilian Case. Brasília, IPEA/CNRH, 1985.

----- The Microeconomic Sources and Effects of Innovation: An Assessment of Recent Findings". Fourth Draft, s.l., s.ed., 1986.

DOSI, Giovanni & ORSENIGO, Luigi. Market Processes, Rules and Institutions in Technical Change and Economic Dynamics. Second Draft, s.l., s.ed., 1985.

DOSI, G.; ORSENIGO, L.; SILVERBERG, G. Innovation, Diversity and Diffusion: a Self-Organization Model. First Draft, s.l., s.ed., 1986.

FERREIRA, Carlos Kawaii Leal. A Trajetória Tecnológica da Automação Flexível e seus Impactos na Articulação Externa da Economia Brasileira. Campinas, s.ed., 1987. (Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Economia da Unicamp)

FERRO, José Roberto. Subordinação e Dependência: mudança tecnológica e mercado em pequenas e médias empresas do ramo de autopeças. São Paulo, s.ed., 1984. (Dissertação de Mestrado em Administração apresentada a EAESP/FGV)

FERRO, José Roberto & VENOSA, Roberto. Subordinação e Dependência: a mudança tecnológica no ramo de autopeças. In: Pequena Empresa: o comportamento empresarial na acumulação e na luta pela sobrevivência. São Paulo, Ed. Brasiliense, 1985. v.2, cap.10.

FLEURY, M.T.L. The Impacts of Microelectronics on Employment and Income in the Brazilian Metal-Engineering Industry. (First Draft). São Paulo, s.ed., 1987.

FREEMAN, Christopher. The Economics of Industrial Innovation. London, Penguin, 1974.

FREEMAN, Christopher & PEREZ, Carlota. The Diffusion of Technical Innovation and Changes of Techno-Economic Paradigm. Sussex, s.ed., 1986. (preparado para a Conferência de Veneza, março de 1986)

GADELHA, Maria Fernanda. O Complexo Metalmeccânico no Brasil. Rio de Janeiro, UFRJ/IEI, s.ed., 1987. s/d.

----- Estrutura Industrial e Padrão de Competição no Setor de Autopeças: um estudo de caso. Campinas, s.ed., 1984. (Dissertação de Mestrado apresentada junto ao Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas-Unicamp).

HAGUENAUER, Lia et alii. Os Complexos Industriais na Economia Brasileira. Rio de Janeiro, UFRJ-IEI, 1984. (Texto para discussão; 62)

HIRATA, Helena. Automatização Microeletrônica e Trabalho: O Caso da Indústria de Vidro no Brasil. In: Para um Levantamento Sistemático dos Impactos Sócio-Econômicos da Automação Microeletrônica. São Paulo, DIEESE, 1989.

KAMIEN, Morton & SCHWARTZ, Nancy. Market Structure and Innovation. Cambridge, Cambridge University Press, 1982.

KAPLINSKY, Raphael. Automation: The Technology and Society. Londres, Longman, 1984

LESSA, Carlos. Quinze Anos de Política Econômica. 2.ed. São Paulo, Brasiliense, 1981.

MANSFIELD, Edwin. Technological Change. New York, W.W. Norton, 1968.

METCALFE, J.S . Impulse and Diffusion in the Study of Technical Change, Futures, 1981. v.13, n.15, p. 347-359.

MARX, Karl. O Capital . 3.ed..São Paulo, Civilização Brasileira, 1975.

OLIVEIRA, Francisco & POPOUTCHI, Maria Angélica Travalo. Transnacionales en América Latina: El Complejo Automotor en Brasil. ILET - Instituto Latino Americano de Estudios Transnacionales - México, Nueva Imagen, 1979.

PAVITT, K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory, Research Policy, 13.

PENROSE, Edith Tilton. Teoria del Crecimiento de la Empresa. s.ed. Madrid, Aguilar, 1959.

POSSAS, Mário Luiz. Em Direção a Um Paradigma Microdinâmico: A Abordagem Neo-Schumpeteriana. Campinas, s.ed., 1988. (texto para discussão apresentado em Seminário do Instituto de Economia da Unicamp).

PUC-SP. Relatório Parcial: Indústria de Autopeças - Difusão. São Paulo, s.ed., 1988.

ROSEMBERG, Nathan. Inside the Black Box: Technology and Economics. New York, Cambridge University Press, 1984.

SALERNO, Mário Sérgio. Produção, Trabalho e Participação: CCQ e Kanban numa Nova Imigração Japonesa . Rio de Janeiro, s.ed., 1985 (Dissertação de mestrado apresentada à COPPE).

SHAIKEN, Harley. Work Transformed: Automation an Labor in the Computer Age, . New York, Rinehart and Winston, 1984.

SCHUMPETER, Joseph. A Teoria do Desenvolvimento Econômico, São Paulo, Abril Cultural, 1982.

----- Capitalismo, Socialismo e Democracia, Rio de Janeiro, Zahar, 1984.

SINDIPEÇAS- Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores. Desempenho do setor de autopeças 1974-1987. Departamento de Economia-SP. circular 01/88

SOETE, Luc. International Diffusion of Technology, Industrial Development and Technological Leapfrogging. World Development, Great Britain, Pergamon, v.13, n.3, p.409-422, 1985.

STONEMAN, Paul L. The Economic Analysis of Technological Change.

New York, Oxford University Press, 1983.

----- Technological Diffusion: The Viewpoint of Economic Theory. preliminary paper nº 27. Conference of Innovation Diffusion. Veneza, s.ed., 1985.

TAUILE, José Ricardo. Micro-Eletrônica, Automação e Desenvolvimento Econômico: o caso das máquinas-ferramentas com controle numérico no Brasil. New York, s.ed., 1984. (tese de PhD, New School).

----- Microelectronics and the Internationalization of the Brazilian Automobile Industry. In: WATANABE, Susumu et alii. s.l., John Willey and Sons, 1987.

UTTERBACK, J.M. The Dynamics of Product and Process Innovations in Industry In: HILL, C.T. Technological Innovation for a Dynamic Economy. 2.ed.. Cambridge, Pergamon Press, 1983. cap.2.

WATANABE, Susumu (org.). Microelectronics, Automation and Employment in The Automobile Industry. s.l., John Willey and Sons, 1987.