

# Gestão de tecnologia na empresa industrial brasileira

**Afonso Fleury**

Professor livre-docente do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP. Autor de livros nas áreas de Organização do Trabalho e Administração em C&T.

## SÍNTESE

Apesar da importância que se tem atribuído à questão do desenvolvimento tecnológico, algumas áreas permanecem pouco exploradas. Uma delas, de grande relevância, é a da gestão de tecnologia ao nível da empresa industrial, e nesta área predominam os estudos sobre gestão da inovação tecnológica. Este artigo se propõe a desenvolver a tese de que, no contexto industrial brasileiro, mais importante que a gestão da inovação é a gestão da aprendizagem tecnológica, imprescindível para que o próprio processo de inovação possa vir a ocorrer. A ênfase em aprendizagem coloca a função Engenharia em posição central no processo de desenvolvimento de tecnologia.

### Palavras-chave

- Administração da engenharia
- Gestão de tecnologia
- Aprendizagem tecnológica
- Empresas de bens-de-capital

Setembro/87

## APRESENTAÇÃO

Este trabalho se propõe a contribuir para a complexa discussão sobre gestão de tecnologia nas empresas industriais. Mais especificamente, a partir da análise conjunta da estratégia e da organização de empresas industriais brasileiras, procura gerar subsídios para o aumento da eficácia dos processos de gestão e para a elaboração de mecanismos, a nível governamental, que favoreçam o desenvolvimento da autonomia tecnológica das empresas e conseqüentemente do país.

A premissa básica é a de que nas empresas industriais há uma forte correlação entre estratégia e organização. Esta observação, que se notabilizou no clássico livro de Chandler (1962), tem sido utilizada por alguns pesquisadores para tratar do comportamento de empresas industriais no que se refere à questão de tecnologia. Neste campo, provavelmente o trabalho mais conhecido é o de Freeman (1974). A partir da definição de seis tipos de estratégias frente à inovação (ofensiva, defensiva, imitativa, dependente, tradicional e oportunista), pondera qual seria a importância relativa de nove tipos diferentes de funções dentro da empresa (pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento experimental, engenharia de projetos, engenharia de produção, serviços técnicos, patentes, informações técnicas e científicas, educação e treinamento e planejamento de longo prazo) para cada uma dessas estratégias. Frohman (1982) coloca essa idéia em moldes similares ao observar que o bom desempenho de uma empresa industrial depende da correta avaliação da importância da tecnologia em sua estratégia e que o posicionamento resultante deve se refletir em:

- a) orientação da alta administração;
- b) critérios de seleção de projetos e
- c) estrutura e sistemas administrativos.

Uma primeira aplicação destes conceitos sobre a realidade brasileira constatou que havia "... um claro distanciamento dos modelos, até agora desenvolvidos, para explicar a gestão de tecnologia e a inovação tecnológica nos países de industrialização avançada" (Bertero, 1977). Em nosso trabalho procuramos reorientar o foco de análise e alterar o quadro conceitual, mas mantemos a mesma premissa básica anteriormente citada. Para analisar o caso das empresas industriais brasileiras desenvolvemos inicialmente um conjunto de conceitos destinados a tratar das especificidades do caso. Em seguida é abordada conceitualmente a problemática organizacional e destacados seus aspectos mais relevantes, para então se proceder à pesquisa de campo.

Os resultados deste estudo podem ser sintetizados do seguinte modo:

- o primeiro é que a análise organizacional é um instrumento potente para explicitar a estratégia das empresas;
- o segundo é a possibilidade de estabelecer algumas características organizacionais básicas para empresas, que realmente dão importância à dimensão tecnologia como parte de sua estratégia empresarial;
- o terceiro é que a partir dessas características é possível encaminhar recomendações aos órgãos governa-

mentais, que se vinculam à área de tecnologia, no sentido de definir políticas que favoreçam o desenvolvimento tecnológico do país, através da capacitação de suas empresas.

## TECNOLOGIA E ENGENHARIA

A colocação da questão da tecnologia ao nível das empresas industriais exige uma certa reflexão sobre alguns aspectos conceituais. O primeiro deles diz respeito ao próprio conceito de tecnologia.

A maioria dos autores tem tratado a problemática de tecnologia nas empresas sob os pontos de vista da inovação tecnológica e identificado a função de Pesquisa e Desenvolvimento como central na estratégia da empresa. Esta perspectiva, entretanto, nos parece bastante restrita se considerarmos a especificidade das empresas industriais de países em desenvolvimento. Uma abordagem mais ampla envolve os conceitos de "aprendizagem tecnológica" e "pacote tecnológico".

Dentro desta concepção, "Tecnologia é um pacote de informações organizadas, de diferentes tipos (científicos, empírico etc.), provenientes de várias fontes (descobertas científicas, patentes, livros, manuais etc.), através de diferentes métodos (pesquisa, desenvolvimento, adaptação, reprodução, espionagem, etc.)" Sabato & McKenzie (1981). Mais especificamente, ao nível da empresa industrial, tecnologia é o pacote de informações organizadas que viabiliza a produção de bens e serviços.

O conceito de aprendizagem tecnológica (Katz, 1981), por sua vez, diz respeito ao processo evolutivo através do qual as empresas industriais criam e desenvolvem sua capacitação para produzir "pacotes". Este conceito é aplicável a qualquer empresa, em qualquer parte do mundo, mas é de especial relevância para as empresas industriais de países em desenvolvimento na atual conjuntura.

A idéia subjacente é que na medida em que tecnologia é conhecimento organizado, utilizado na produção de bens e serviços, a principal fonte de informações para a obtenção dos pacotes é exatamente a produção.

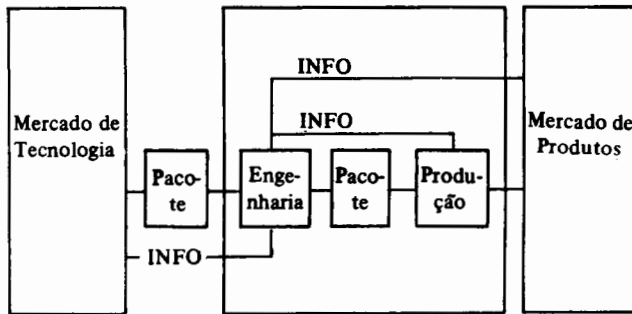
Aparentemente, trata-se de um ciclo vicioso, se considerarmos que uma empresa precisa de um pacote para produzir e ao mesmo tempo depende do conhecimento gerado pela produção para elaborar o pacote. Na realidade, o que ocorre é uma solução de compromisso no início, com as empresas industriais partindo de pacotes tecnológicos obtidos, ou através de licenciamento ou através de cópias, e modificados para as condições locais de produção, a partir de um mínimo de capacitação tecnológica. Parece lícito assumir que a eficiência do processo de produção e a qualidade do produto poderão estar comprometidos.

O que ocorre a partir de então é um processo evolutivo em que a empresa aprende a produzir pacotes de forma a ter processos cada vez mais eficientes e produtos de maior qualidade.

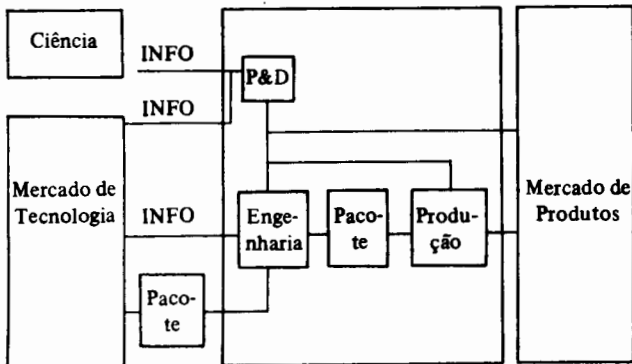
A elaboração destes pacotes dificilmente poderia ser atribuída à função de Pesquisa e Desenvolvimento, que tradicionalmente assume outro conjunto de atividades. É neste contexto que fica realçada a importância da função Engenharia, que é a responsável pela elaboração desses pacotes de conhecimentos organizados que viabilizam a

produção. Esta função é pouco evidenciada na literatura que trata de Gestão de Tecnologia, especialmente aquela produzida em países desenvolvidos.

Assumimos, então, que a configuração organizacional básica para as empresas industriais tratarem da questão da tecnologia é a seguinte:



Esta configuração poderia depois evoluir para a seguinte:



## APRENDIZAGEM TECNOLÓGICA E ORGANIZAÇÃO

Dentro desta concepção de que a empresa deve aprender a fazer pacotes adequados, vários aspectos de caráter organizacional devem ser enfatizados:

- a questão do fluxo de informações: parece-nos lícito assumir que, numa empresa, o ritmo do processo de aprendizagem será função da dinâmica do fluxo de informações, ou seja, é fundamental para aqueles que elaboram o "pacote" (a Engenharia) receberem informações dos que produzem (da Produção) para que o processo de aprendizagem possa vir a ocorrer. Da mesma forma, é importante que, dentro da engenharia, os responsáveis pelo projeto básico recebam "feedback" daqueles que fazem o detalhamento do projeto, e assim por diante (em última instância isto deve envolver a área comercial);
- a questão da formalização: a própria idéia de "pacote" realça a necessidade de formalização, de documentar as informações. Num processo de aprendizagem é fundamental que se registrem as características mais importantes do processo, por duas razões:
  1. evitar que a informação se perca e tenha que ser redescoberta; e
  2. criar a base de conhecimentos a partir da qual a em-

presa vai se lançar para desenvolver novos conhecimentos.

- a questão dos recursos humanos: neste ponto é importante observar que a questão da aprendizagem não envolve apenas o fluxo e a formalização das informações, mas também a capacidade de processamento dos recursos humanos que vão trabalhar com elas. Sob este ponto de vista, parece lícito admitir que quanto maior a capacidade em termos de Engenharia (de projeto e de produção), e quanto mais estável for este pessoal, maior será o ritmo de aprendizagem tecnológica.

Tais considerações trazem conseqüências ao nível da organização das empresas:

- a questão do fluxo de informações exige a definição de um esquema organizacional ágil e integrado, com um eficiente processo de comunicação interdepartamental;
- a questão da formalização exige o estabelecimento de uma infra-estrutura para tratar da informação técnica e de mercado;
- finalmente, a questão dos recursos humanos exige políticas de estabilização, desenvolvimento e motivação do quadro técnico das empresas.

## A PESQUISA DE CAMPO

Baseados no quadro exposto, procuramos estudar o comportamento das empresas industriais brasileiras frente à questão da tecnologia. Como frisamos no início, buscamos entender a estratégia das empresas a partir da análise de sua organização.

Dados os recursos que dispunhamos para pesquisar um universo tão vasto, nossa tática foi a de estratificar as empresas segundo determinados critérios e construir uma amostra intencional.

O primeiro critério estabelecia que as empresas a serem estudadas não poderiam ser transnacionais, ou subsidiárias ou mesmo joint-ventures. Deveriam ser empresas nacionais para que se pudesse observar a evolução de sua estratégia na conjuntura de um país em desenvolvimento.

O segundo critério relacionava-se ao tipo de empresa a ser acessada. Decidimos pelas empresas do setor mecânico, que engloba ainda uma grande diversidade de empresas.

Dentro do setor mecânicos, tratamos com dois conjuntos: o primeiro de vinte e uma pequenas e médias empresas e o segundo de seis grandes empresas. Estas seis empresas incluem três empresas produtoras de grandes equipamentos sob encomenda (E1, E2 e E3) e três empresas que fabricam produtos padronizados em série (S1, S2 e S3).

Nestas últimas seis empresas, procuramos entender como se construiu a capacitação tecnológica, atentando especialmente para a evolução da dinâmica organizacional interna, os recursos humanos, informacionais e equipamentos alocados para as atividades relacionadas a tecnologia e a forma como estavam organizados.

Em todas as empresas, os dados foram obtidos através de longos processos de visitas e entrevistas com diretores, gerentes e engenheiros. Para as entrevistas elabora-

mos um roteiro de orientação, sendo as respostas abertas, o que exigiu esforço de recomposição, análise e interpretação. Ao mesmo tempo, lançamos mão de dados secundários, constantes de documentos de circulação interna às empresas como organogramas, normas e documentos com dados históricos.

Quanto às pequenas e médias empresas, trata-se da recuperação e do retrabalho sobre informações colhidas numa pesquisa a respeito de problemas tecnológicos do setor de máquinas-ferramenta, realizada em 1977 (Fleury, 1977). Naquela ocasião, coletamos informações sobre 32 empresas, sendo 21 pequenas e médias de origem nacional, cujo porte variava de 25 a 500 funcionários. A metodologia para coleta de dados foi a mesma que a acima descrita.

Retrabalhando as informações disponíveis, foi possível obtermos conclusões extremamente interessantes sobre as estratégias, a estruturação de seus sistemas de produção e os recursos e a organização para tratar da dimensão tecnológica, face a essas estratégias.

## **O CASO DAS PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS FABRICANTES DE MÁQUINAS-FERRAMENTA**

As 21 empresas brasileiras que compõem o grupo que será tratado neste caso têm uma origem comum: surgiram nas décadas de 40 e 50 em função da capacitação de uma pessoa (geralmente o seu proprietário) em termos de mecânica.

Na época, todas estas empresas fabricavam máquinas simples, geralmente copiadas de máquinas importadas. Entretanto, na data em que realizamos a pesquisa de campo, as que mais haviam evoluído tecnologicamente mostravam características organizacionais bastante distintas daquelas que pouco haviam evoluído. Nós assumimos que a capacitação tecnológica dessas empresas estava diretamente vinculada ao nível de sofisticação de seus produtos. Em máquinas-ferramenta tradicionais é aceito medir tal nível em função de dois parâmetros: o peso e o custo das máquinas. Ou seja, as leves e baratas representam o estágio menos sofisticado, enquanto as pesadas e caras se enquadram no nível mais sofisticado.

Utilizando este critério, pudemos agrupar as 21 empresas em quatro classes, que corresponderiam a quatro níveis de sofisticação em termos de produto. A análise organizacional mostrou que as empresas classificadas num mesmo grupo possuíam grandes similaridades e que havia grandes distinções de grupo para grupo.

No primeiro grupo de empresas (quatro das vinte e uma estudante; entre 22 e 70 funcionários) encontramos aquelas que após a colocação dos seus primeiros produtos no mercado, praticamente não mais os alteraram, minimizando a importância da tecnologia em suas estratégias e desconsiderando as atividades de Engenharia. Não havia recursos humanos alocados para esta função, visto que o dono passou a se preocupar basicamente com tarefas de comercialização. A estratégia dessas empresas era de vender em mercados pouco exigentes, buscando novos mercados quando aqueles aos quais serviam aumentavam o nível de exigências. Basta citar que os produtos não atendiam a nenhum tipo de Norma Técnica e que chegava a haver preocupação de vender para clientes que não tivessem condições de reclamar sobre a qualidade do produto<sup>(1)</sup>.

Um segundo grupo de empresas (oito das vinte e uma; entre 30 e 180 funcionários) fabricava máquinas de maior sofisticação, em pequena escala, notando-se uma certa evolução em termos de linha de produtos. Estes eram copiados de máquinas estrangeiras, mas exigiam algumas adaptações em função dos pedidos dos clientes, além do projeto de acessórios específicos. Havia assim atividades de Engenharia, embora com pequena intensidade e de maneira descontínua. O proprietário era o responsável por elas, contando com o auxílio de poucos desenhistas e/ou projetistas (entre 1 e 4). Todas as empresas projetavam a partir de Normas Técnicas, e o fato de haver desenhos denota um primeiro estágio de formalização e criação de um acervo tecnológico. Esta formalização não atingia, porém, o setor de produção que trabalhava em bases bastante rudimentares, em geral comandado por um mestre com longo tempo de casa.

Quatro empresas (entre 200 e 500 funcionários) compunham o terceiro grupo, nos quais já se observava a institucionalização das atividades de Engenharia, alocadas a um departamento (Departamento de Projetos), que por sua vez contava com um ou mais engenheiros, portadores de diplomas universitários. Não obstante, a autonomia deste Departamento era relativa, haja visto que o proprietário permanecia como o principal tomador-de-decisões, especialmente no que diz respeito à linha e aos projetos dos produtos. Duas estratégias em termos de linha de produtos eram nitidamente discerníveis: duas das empresas fabricavam várias linhas de máquinas simples (tornos, fresas, furadeiras, ...) enquanto as restantes fabricavam máquinas pesadas sob encomenda (plainas). Embora os produtos fossem baseados em cópias de outras máquinas, já havia desenvolvimento próprio com produtos bastante diferentes dos originais copiados. Uma das empresas deste grupo manteve um contrato formal de licenciamento por algum tempo, enquanto que duas outras manifestaram possuir vínculos informais com empresas fabricantes de máquinas-ferramenta de origem europeia. O desenvolvimento de produtos, assim como uma certa preocupação com o processo de produção, levou estas empresas a instalarem laboratórios e oficinas. Os laboratórios forneciam apoio em termos de metrologia às atividades de desenvolvimento de produtos (que eram feitas nas oficinas) e de controle de qualidade no processo de produção. Não obstante, as atividades de produção propriamente ditas eram pouco organizadas e ineficientes.

Finalmente, o quarto grupo, que abriga as cinco empresas (entre 155 e 390 funcionários) que produzem máquinas de maior sofisticação tecnológica, revela um modelo razoavelmente formal de organização. A primeira característica a destacar é o afastamento completo dos proprietários do Departamento de Projetos que, contando com 2 a 4 engenheiros e entre 4 a 20 desenhistas/projetistas, passam a se organizar de acordo com a racionalidade e o formalismo típicos da Engenharia. Ao mesmo tempo que se afastam das atividades de Engenharia, os proprietários passam a ter condições de desenvolver atividades que sustentam e ampliam o esforço de Engenharia: quatro das empresas contavam com financiamentos de órgãos governamentais para o desenvolvimento de tecnologia, assim como eram formalmente licenciadas por empresas estrangeiras. Havia uma preocupação grande com o projeto do processo, cujas ativida-

des eram desenvolvidas ainda no Departamento de Projetos e sustentada pelos laboratórios, e em estreita colaboração com os setores encarregados da organização da produção. Nas cinco empresas que compõem este grupo, a produção era organizada de acordo com critérios técnicos e/ou sócio-técnicos, o que não ocorria com as empresas citadas nos grupos anteriores.

cos e/ou sócio-técnicos, o que não ocorria com as empresas citadas nos grupos anteriores.

Sintetizando aquilo que foi exposto, podemos colocar as principais observações no Quadro 1, a seguir:

		SOFISTICAÇÃO TECNOLÓGICA DO PRODUTO CRESCE			
		GRUPO 1 4 empresas	GRUPO 2 8 empresas	GRUPO 3 4 empresas	GRUPO 4 5 empresas
TAMANHO		22 - 70	30 - 180	200 - 500	155 - 390
FUNÇÃO ENGENHARIA	ORGANIZAÇÃO	O VOLUME DE R.H. ALOCADOS À ENGENHARIA AUMENTA			
		O PROCESSO DE DECISÃO É CENTRADO NO DONO.			
		ENGENHEIROS SÃO CONTRATADOS			
		DEPTO. PROJETOS É CRIADO			
	TIPO DE PROJETO	CÓPIA DIRETA			
		PROJETO DO PRODUTO		PROJETO DO PRODUTO	PROJETO DO PRODUTO
				PROJETO DO PROCESSO	PROJETO DO PROCESSO
				ORGANIZAÇÃO PRODUÇÃO	
	ORIGEM DO PROJETO DO PRODUTO	CÓPIA DIRETA			
		CÓPIAS		CÓPIAS	
PROJ. ACESSÓRIO		DESENVOLVIMENTO	DESENVOLVIMENTO		
		LICENCIAMENTOS			
INFRAESTRUTURA DE APOIO	USO DE NORMAS TÉCNICAS				
	LABORATÓRIOS				
	FINANCIAMENTOS				

A conclusão que podemos tirar deste caso é a de que aquelas empresas que buscam evoluir em termos de tecnologia vão sempre ampliando os recursos (humanos, informacionais, financeiros e equipamentos) para tratar da questão, o que as leva necessariamente a esquemas organizacionais mais complexos. Observa-se que o volume de informações a ser tratado cresce sensivelmente, na medida em que passam a se formalizar os projetos de produto, de processo e a organização de produção. Conseqüentemente, cresce o volume de recursos humanos envolvidos, o que demanda uma certa formalização estrutural. O número de equipamentos também aumenta, especialmente o daqueles voltados especificamente para o desenvolvi-

mento de tecnologia, ou seja, os equipamentos de laboratórios e oficinas experimentais. Ao mesmo tempo, estes equipamentos são fundamentais para que a produção possa ser organizada de maneira eficaz, o que permitirá a obtenção de informações quanto ao desempenho de produto e processo, que vão realimentar o setor de projetos.

#### AS EMPRESAS DE PRODUÇÃO SOB ENCOMENDA

As três empresas estudadas (E1, E2 e E3) fabricam sob encomenda, grandes equipamentos para as indústrias

química, petroquímica e siderúrgica. Historicamente, elas foram constituídas na mesma época (década de 50) para atender a uma condição de mercado específica. Estão localizadas na Grande São Paulo, muito embora duas delas (E2 e E3) tenham recentemente transferido seus setores de produção para o interior do Estado.

No início, as operações destas três empresas seguiam esquemas praticamente idênticas. Os clientes entregavam a elas pacotes tecnológicos comprados de empresas de engenharia localizadas no exterior e estas empresas fabricavam os equipamentos, introduzindo o mínimo de modificações necessárias para viabilizar a produção face aos seus recursos produtivos. A capacitação tecnológica das empresas era provida por pouquíssimos engenheiros, em geral de origem estrangeira, apoiados por técnicos de menor experiência.

Ao mesmo tempo em que iniciavam a fabricação, as três empresas entraram num primeiro estágio de desenvolvimento de sua capacitação tecnológica, o qual envolveu o estudo minucioso das normas técnicas (ASME), a partir do qual foram elaborados os primeiros Manuais de Normas e Procedimentos, que passariam a orientar as atividades de fabricação.

Para organizar este esforço as empresas formaram Departamentos de Engenharia, sendo que numa delas (E3) este já nasceu com porte razoável (45 pessoas). Poderíamos colocar que, neste estágio, as empresas começaram a "Aprender a Fabricar".

Num segundo estágio, os clientes deixaram de fazer a intermediação entre as licenciadoras e as empresas fabricantes, realizando contatos diretos entre estas duas últimas. A partir de então, intensificou-se o processo de aprendizagem, muito embora cada empresa o fizesse com

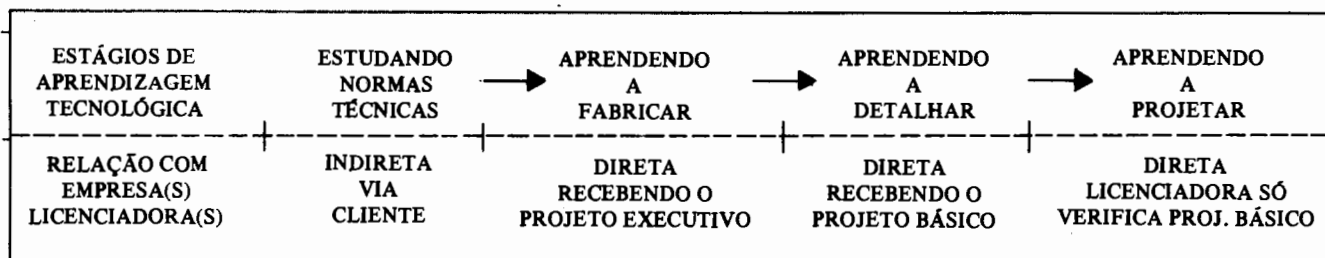
ritmo próprio.

O passo seguinte mostrou as empresas brasileiras aprendendo a fazer o projeto executivo ou detalhado. O motivo para isto é que, na medida em que se capacitavam para fazer o detalhamento, as empresas poderiam projetar o produto de maneira mais adequada, de acordo com as matérias-primas e os componentes existentes no país, tornando o equipamento menos pesado e mais barato. Este esforço levou a um novo estágio de capacitação tecnológica, no qual as licenciadoras passaram a enviar apenas o projeto básico para as empresas brasileiras, que assumiram a responsabilidade pelo detalhamento. Poderíamos colocar que nessa fase, as empresas "Aprenderam a Detalhar".

Duas das três empresas consideradas (E1 e E2) evoluíram ainda mais no que diz respeito ao projeto de alguns tipos de equipamentos considerados clássicos e que, na realidade, são os de uso mais generalizado.

Nestes casos, as empresas investiram no sentido de entender a lógica do projeto básico, conseguindo através de "reverse engineering" e experimentação. Com isto, nestas linhas de produtos, as duas empresas estão em condições de elaborar o projeto básico, que é então enviado à licenciadora para verificação e eventuais sugestões de mudança. Em seguida, o projeto básico é detalhado e então enviado para a fabricação. Ficaria assim caracterizado um estágio no qual as empresas "aprenderam a projetar".

O esquema colocado a seguir representa os estágios de aprendizagem tecnológica pelos quais passaram essas empresas, cuja dimensão mais importante é a relação com a licenciadora.



Não obstante tenha havido um processo de aprendizagem, ao passarmos ao plano da análise organizacional observamos que este talvez não tenha ocorrido de maneira eficaz, visto que os arranjos organizacionais existentes não são adequados aos processos de aprendizagem.

Em primeiro lugar é importante observar que não é sequer indispensável que a aprendizagem ocorra. O caso da empresa E3 é esclarecedor pois, muito embora ela tenha partido das mesmas condições iniciais das outras duas empresas e servisse ao mesmo mercado, ela se imobilizou no estágio do "Aprender e detalhar" e não evoluiu, mantendo durante muito tempo uma relação umbilical com uma única licenciadora estrangeira.

Em todos os casos (E1, E2 e E3) a análise de suas organizações internas fornecem informações relevantes para se entender suas estratégias. Ao observarmos a departamentalização dessas empresas, constatamos que os de-

partamentos envolvidos com a questão da aprendizagem tecnológica (especificamente Engenharia Básica, Engenharia de Projeto ou Detalhamento e Fabricação) estão física e organizacionalmente separados. Em outras palavras, respondem a diferentes Diretorias no organograma das empresas e estão situados em locais distintos, o que dificulta a comunicação. Este último ponto ganha contornos drásticos quando se coloca que os setores de fabricação de duas dessas empresas estão localizados no interior do Estado, acerca de 200 km de distância dos Departamentos de Projeto. Com isto, fica praticamente inviável o feedback, e os projetistas não tem meios de verificar o acerto ou não das decisões que tomaram em relação ao projeto, a não ser em circunstâncias excepcionais. Ao mesmo tempo, devemos realçar o fato de que a coordenação dos projetos (no sentido mais amplo, desde o contato com o cliente até a entrega do produto) é da respon-

sabilidade dos departamentos comerciais, o que cria uma priorização desfavorável à questão de aprendizagem tecnológica nas atividades de projeto.

Os detalhes relativos às políticas e administração de Recursos Humanos também revelam aspectos importantes. Assim é que as três empresas recrutam apenas engenheiros recém-formados, que foram seus estagiários, e o treinamento é "on-the-job", buscando aculturá-los à lógica organizacional da empresa e aos detalhes dos seus sistemas produtivos e redes de fornecedores. A intenção explícita era a de inverter o comportamento adquirido na universidade, tornando os engenheiros orientados para as especificidades da empresa. Ao mesmo tempo, as empresas não se preocuparam em criar carreiras no plano técnico e em consequência as taxas de rotatividade são altíssimas. O período máximo de permanência de engenheiros nos departamentos técnicos dessas empresas foi calculado em torno de cinco anos. Por outro lado, cada uma dessas três empresas conta com um engenheiro com grande tempo de casa, que coordena os departamentos de Engenharia e garante um mínimo de estabilidade quanto à questão da tecnologia, especialmente no que diz respeito à relação com as licenciadoras.

Assim, nos trinta anos que essas empresas se dedicam à fabricação de equipamentos sob encomenda houve um aumento de capacitação tecnológica, fruto do processo de aprendizagem. Não obstante, a análise da dinâmica organizacional dessas empresas revela um aprendizado lento e descoordenado, com sérios traços de instabilidade. Essas características por sua vez denotam uma estratégia organizacional na qual tecnologia não assume papel prioritário.

## AS EMPRESAS DE PRODUÇÃO EM SÉRIE

Para analisar a questão da estratégia tecnológica e estrutura organizacional em empresas de produção em série, elaboramos três estudos de caso. Duas empresas (S1 e S2) são fabricantes de auto-peças e formalmente contam com Centros de Pesquisa e Desenvolvimento. A terceira (S3) fabrica produtos completos, caracterizando-se como uma montadora.

Nossa análise revelou que a S1 e a S3 tiveram estratégias bastante parecidas em termos de tecnologia, buscando sua capacitação através de um processo de aprendizagem. Estes casos serão relatados de maneira mais extensiva, já que a evolução da S2 mais se assemelha ao que relatamos em relação às empresas fabricantes de grandes equipamentos sob encomenda.

S1 — No início da década de 50, a S1 iniciou suas atividades, fabricando componentes de motor para o mercado de reposição, visto que nessa época só havia veículos importados no Brasil. Seus fundadores tinham relacionamento muito forte com uma empresa fabricante alemã, que praticamente implantou e iniciou as operações da S1, na qualidade de sua licenciada. Mesmo assim, no final da década de 50, a empresa decidiu iniciar a fabricação de outro componente tendo, desta vez, escolhido uma licenciadora americana. O fato de lidar com duas concepções distintas de projeto de produto teve grande importância no processo de aprendizagem da empresa.

Só no princípio da década de 60, começaram a ser contratados "os primeiros tecnólogos brasileiros", que

assumiram a responsabilidade pelo Controle de Qualidade e Engenharia do Produto, entendendo-se que esta última tinha sua atenção essencialmente voltada a Métodos e Processos de Manufatura. Desta forma, os projetos vinham prontos da licenciadora e esse grupo se encarregava da adaptação para a produção nas condições locais, incluindo o projeto do ferramental para fabricação.

Por volta de 1965, a empresa começou a exportar para o mercado de reposição da indústria automobilística americana surgindo, em seguida, uma solicitação que teve profundas conseqüências em todo o processo de desenvolvimento da empresa. Uma firma do parque aeronáutico americano propôs que a empresa fabricasse um de seus produtos para reposição no mercado americano. Ela daria os desenhos, autorizaria a fabricação, mas não transferiria nada mais. Aceito o desafio, a S1 precisou desenvolver o material e o processo para tal encomenda. O mais importante é que o produto teve que ser homologado, para ser vendido no mercado americano, e o processo para essa homologação — que durou três anos — implicou profundas alterações na organização da empresa. No plano estratégico, exigiu desde uma declaração de propósitos explícita por parte da empresa, quanto ao seu posicionamento frente à fabricação e ao produto, até a criação de uma "consciência de qualidade que envolvesse todos os funcionários da empresa". No plano operacional, exigiu a implantação de inúmeras técnicas visando a qualidade do produto (qualidade assegurada, métodos de rastreamento...), além de normalização, integração de sistemas de planejamento e controle da produção, registro e arquivamento de informações (2 a 5 anos).

Todo este esquema que envolve desde uma filosofia de trabalho até a formalização de procedimentos foi estendida a toda a fábrica.

Durante a década de 70, num processo nem sempre eficaz, foi instalado o Centro de P&D da empresa. As primeiras tentativas buscaram instituir o Centro a partir da contratação de cientistas e pesquisadores de renome, mas houve dificuldades para se definir sua missão assim como de articulá-lo com o restante da empresa. O centro só foi aceito, e passou a se desempenhar a contento, quando se decidiu formá-lo em torno das pessoas de maior experiência da empresa, com a contratação de alguns pesquisadores de fora. Ao mesmo tempo manteve-se um relacionamento muito forte com a Fabricação, na medida em que a responsabilidade pelos sistemas de qualidade foi alocada ao mesmo departamento que P&D. O Centro de P&D conta com 38 pessoas, sendo 16 com nível universitário.

Assim, a S1 conta com três departamentos no fluxo de tecnologia: Centro P&D — Engenharia de Produto — Produção, sendo o feedback feito pelo Controle de Qualidade.

A Engenharia de Produto está subdividida em três departamentos: Produto, Projeto de Ferramental e Processo de Fabricação. Os contatos técnicos da S1 com seus clientes são assumidos pela Engenharia de Produto, que nem sempre assume a responsabilidade por sua resolução. Assim apenas os problemas que envolvem decisões ou procedimentos já do conhecimento da empresa são abordados pela engenharia do produto. Quando há novidades ou inovações, o problema é, pelo menos em parte, rebatido para o Centro de P&D. Por exemplo, se houver necessidade de uma decisão sobre materiais, já existe

uma série de procedimentos e especificações que encaminham a decisão. Se as condições de contorno não estiverem contempladas nesses procedimentos, então o problema é encaminhado para o Centro de P&D.

Os padrões de organização são bastante flexíveis. Parte dos elementos da Engenharia do Produto podem estar alocados a um projeto conduzido pelo Centro de P&D, dentro de uma concepção matricial, e simultaneamente se envolverem em atividades que visem a resolução rápida de um problema de produção.

Há duas outras informações importantes para se entender a estratégia da S1:

- os contratos de licenciamento não foram renovados, estando a empresa auto-suficiente a partir da segunda metade da década de 70;
- mais recentemente a empresa passou a competir em licitações de nível internacional, apresentando o projeto do produto desenvolvido no Centro de P&D.

Observamos, assim, que a S1 foi formando a sua capacitação tecnológica a partir da problemática de seu sistema de produção, num processo de aprendizagem conduzido de maneira incremental. Hoje, a S1 controla a tecnologia de projeto e de produção de maneira completa e integrada.

Dois aspectos de caráter organizacional devem ser ressaltados: do ponto de vista estrutural a preocupação de não segmentar (departamentalizar) a empresa, mantendo-se uma estrutura fluida e com inúmeras formas de relacionamento entre os departamentos funcionais. A segunda característica é a inserção dos engenheiros nesse processo organizacional, no qual uma política adequada de recursos humanos, com ênfase em treinamento técnico, e o próprio desafio implícito na tarefa, compensam a baixa formalização dos cargos e a inexistência de um esquema claro de promoção, criando um quadro técnico estável e motivado.

Em síntese, as características organizacionais sustentam e induzem à estratégia de aprendizagem tecnológica, num esquema altamente coerente.

S2 — A S2 iniciou suas atividades de maneira bastante similar a S1: mesma época, mesmo tipo de produto, mesmo mercado, sob licenciamento. Não obstante, sua evolução em termos de tecnologia foi bastante diferente. Confrontada com a perspectiva de exportar para o mercado americano, concluiu que os benefícios não remunerariam os investimentos e não arriscou. Obrigada, por força de lei, a não renovar os contratos de licenciamento conseguiu remanejá-los, mantendo-se dependente até hoje, especialmente em termos de projeto de produto.

Do ponto de vista organizacional, pode-se também afirmar que a empresa pouco mudou. Hoje conta com várias divisões, cada qual produzindo um produto, havendo uma orientação no sentido de tornar as divisões o mais estanques e auto-suficientes possíveis. Há, por isso, uma repetição de estruturas: Engenharia de Produto, Engenharia de Manufatura, Planejamento e Produção. O Centro de P&D está situado no Departamento de Engenharia de Produto, junto com Produto e Controle de Qualidade, e conta com dois grupos: um encarregado de testes e outro encarregado de metrologia, envolvendo o trabalho de três engenheiros.

A partir destas observações fica evidente que a estratégia da S2, em relação à tecnologia, é bastante diferente da S1. A estratégia da S2 está voltada para o tratamento específico dos problemas de produção, dentro do conhecimento esquema de "trouble shooting". O aprendizado ocorrido na empresa deve ser atribuído mais às exigências das licenciadoras estrangeiras do que a uma estratégia delineada pela S2. Estas exigências se situam especialmente nos aspectos de tratamento das informações de produção para controle do processo e do produto.

S3 — A S3 é uma empresa que atua em condições bastante peculiares no mercado brasileiro, contando com um discreto apoio governamental. Suas atividades iniciaram-se em 1970, com a produção de dois projetos próprios (SP1 e SP2) e a montagem, sob licença, de um produto de características mais avançadas (SM1). O produto mais importante, do ponto de vista de mercado, era o SP1.

Na medida em que o pessoal técnico provinha da área de projeto, havia dificuldades para implantar as linhas de produção, acarretando inclusive mudanças nos projetos para que se adequassem a sistemas de produção em série. Assim, os primeiros anos de atividade foram orientados principalmente para a aprendizagem no sistema de produção, embora a empresa não tenha se descuidado da questão do acompanhamento e absorção de novas tecnologias.

Em 1974, a S3 negociou um contrato de cooperação com uma empresa americana, com vistas a fabricar um novo tipo de produto (SL1). As cláusulas foram negociadas de tal maneira que houve uma ampla transferência de tecnologia, envolvendo não só projeto e fabricação, mas também administração e marketing. Esta decisão estava ligada ao lançamento do "product champion" da empresa (o SP1) no mercado mundial.

Desde o seu lançamento, o SP1 foi sendo constantemente modificado. Segundo uma publicação da empresa, isso se deu "em função da crescente capacitação tecnológica da empresa e sua sempre aperfeiçoada organização, de forma a satisfazer as necessidades de seus clientes". Porém, a partir de 1974 surgiram pedidos de países latino-americanos e a possibilidade de exportar para países industrializados. Isto exige tanto o desenvolvimento de capacitação especial em marketing (parte da qual foi transferida via contrato do PL1, antes citado) como da obediência às normas internacionais para o projeto e a produção do produto.

A S3 passou, então, a modificar o projeto do SP1 e a dinâmica do seu sistema de produção para atender aos órgãos internacionais de certificação (num processo semelhante ao da empresa S1 antes citado). Em 1977, o produto foi homologado e passou a ser comercializado em escala mundial. Apesar disso, o seu ciclo de vida foi previamente traçado pelo corpo técnico da S3 que, em 1973, iniciou seus trabalhos para criar uma nova família de produtos. O primeiro lançamento desta nova família (o ST1) ocorreu em 1979, e é possível observarmos que as escolhas que caracterizam este produto revelam o esforço da S3 em lidar com uma série de limitações técnicas encontradas no SP1. Ao mesmo tempo, trabalhava-se no sentido de gerar um novo "product-champion", fruto das experiências com o SP1. Mais ainda, este novo produto incorporava idéias, em termos de produto e de processo, geradas com o projeto do SM2, um produto alta-

mente sofisticado que foi desenvolvido num esquema de cooperação entre a S3 e duas empresas estrangeiras.

Ao analisarmos a organização da S3 encontramos características que sustentam e induzem essa estratégia. Em primeiro lugar é necessário frisar que a empresa conta com uma assessoria de planejamento corporativo, encarregada de auxiliar a Diretoria em todo este planejamento de longo prazo. Esta assessoria trabalha em estreito relacionamento com a assessoria de ante-projetos, que pode ser considerada o "brain tank" da S3: nela estão alocados os elementos mais experientes da empresa, alguns com mais de 30 anos de projeto e de grande renome. É este trabalho conjunto que coloca a tecnologia na estratégia mais ampla da empresa.

O desenvolvimento de projetos em geral, depois de aprovado o ante-projeto, envolve três estágios: projeto básico, detalhamento e planejamento da produção. A estrutura organizacional da S3 segue esse esquema, com as seguintes denominações: Engenharia Básica, Engenharia do Produto e Sistemas e Métodos. Embora esta solução possa parecer óbvia, houve uma evolução gradual para esse formato, em função da experiência da empresa. Por exemplo, no início havia um setor de Sistemas e Métodos para cada tipo de produto. Entretanto, logo se percebeu que os novos setores, correspondentes aos novos produtos, cometiam os mesmos erros cometidos pelos setores antigos. Decidiu-se, então, consolidar o trabalho de projeto de métodos e sistemas num único setor, que hoje concentra todo o desenvolvimento de tecnologia de produção, facilitando o processo de aprendizagem tecnológica dentro da empresa.

A estrutura da S3 segue um esquema matricial, que facilita sobremaneira o processo de comunicação e, acima de tudo, de feedback para os grupos encarregados dos projetos básicos e de detalhamento, possibilitando a aprendizagem.

Para coordenar os esforços dentro dessa estrutura, existe um Grupo de Análise de Modificações, coordenado pelo pessoal de Produção, em que participa o pessoal de Vendas, Engenharia Básica, Engenharia do Produto, Sistemas e Métodos. Este grupo assume também a coordenação e o controle de todo o processo de documentação em termos de projeto e produção.

Esta dinâmica organizacional não tem apenas o objetivo de facilitar o processo de coordenação e comunicação. Procura criar ainda processos em que as decisões cruciais são exaustivamente discutidas antes da escolha. Isto porque, mesmo depois das escolhas básicas para o projeto, restam as escolhas básicas para o processo de fabricação.

Sob o ponto de vista comportamental, há uma face bastante importante: o corpo diretivo da empresa sempre foi composto pelo pessoal que desenvolveu os primeiros projetos da empresa, e em especial do primeiro "product-champion". Isto assegura uma legitimidade da Diretoria junto ao corpo técnico, que facilita sobremaneira a internalização dos objetivos da empresa e o comprometimento para com eles.

Assim, a S3 exemplifica uma estratégia tecnológica do tipo evolucionário, na qual a capacitação própria foi desenvolvida através de um maciço investimento em Recursos Humanos, cujo treinamento vincula-se à própria estratégia tecnológica e num esquema de tratamento formal da informação tecnológica. Os esquemas de licencia-

mento e depois de associação facilitaram a aprendizagem tecnológica.

Ao mesmo tempo, a S3 demonstra claramente que não há aprendizagem tecnológica sem aprendizagem organizacional. O contrato com a empresa americana fabricante de produtos leves — que envolveu tanto a transferência de conhecimentos técnicos como a de administração e de marketing — ilustra este ponto. A absorção, processamento e disseminação interna das normas da agência homologadora americana, em termos de criar um sistema formal de tratamento da informação tecnológica, e a elaboração e manutenção de uma estrutura nos moldes orgânicos refletem a interdependência entre a capacitação para tratar da tecnologia e a necessidade de se organizar adequadamente.

## **ESTRATÉGIA, APRENDIZAGEM E ORGANIZAÇÃO**

Na situação atual em que se encontra a sociedade brasileira, o debate sobre a questão tecnológica, suas possibilidades e limites, no processo de desenvolvimento do país, suscita o posicionamento dos estudiosos das mais diferentes formações e correntes teóricas (alguns otimistas; outros pessimistas) sobre este tema. Entretanto, a própria complexidade da questão fez com que apenas certos aspectos sejam tocados, certas dimensões enfatizadas, dependendo de orientação e objetivo do pesquisador.

Este trabalho não teve, de forma alguma, a pretensão de tentar apreender a questão da tecnologia em toda a sua complexidade. Ele objetivou explicitar como as empresas industriais têm se organizado para tratar dessa questão e, a partir desta análise, buscar subsídios para a gestão de tecnologia nas empresas e para a formulação de políticas e mecanismos a nível governamental, que favoreçam a escolha, a implantação e a operação desses processos de gestão.

A análise dos casos estudados revela que o desenvolvimento da capacitação tecnológica da empresa se dá através de um processo de aprendizagem orientado para a produção, e que o ritmo e a amplitude deste processo variam de empresa para empresa.

Os resultados do processo de aprendizagem se relacionam, em primeira instância, com a dinâmica organizacional estabelecida. É evidente que numa segunda instância as condições ambientais (a ação do governo e o mercado) e a postura do empresário frente à questão são fundamentais. Eles, entretanto, por si só, não bastam para dar conta de toda a complexidade da situação. Em outras palavras, este estudo mostra que a aprendizagem não é automática. Dessa forma, só será atingida se houver políticas e mecanismos organizacionais apropriados.

Assim, as empresas cujas estratégias realçavam a importância da tecnologia assumiram esquemas organizacionais do tipo orgânico<sup>(2)</sup>, altamente integrados, que buscam minimizar as barreiras interdepartamentais e aumentar o fluxo de comunicações. Ao mesmo tempo, há canais especificamente estabelecidos para o feedback, e a comunicação é incrementada através de esquemas integrativos do tipo comitês. As demais empresas apresentam características distintas, com departamentalizações rígi-

das e freqüentes, o que pode facilitar o controle, mas certamente inibe o processo de comunicação. Nestas empresas, a coordenação de projetos geralmente não se dá através de esquemas integrativos, sendo de responsabilidade dos departamentos comerciais.

Do ponto de vista de recursos humanos, as diferenças também são sensíveis, com as primeiras empresas buscando estabilizar e desenvolver o quadro técnico, enquanto as demais se acomodam num esquema em que há altos índices de rotatividade.

Quanto à questão da formalização das informações relacionadas ao processo de aprendizagem tecnológica, observamos que isto ocorre de maneira fluida, integrada, naquelas empresas que usam a tecnologia como ponto forte em sua estratégia. As demais procuram formalizar as informações na medida em que circunstâncias ambientais (Governo, licenciadores, clientes etc) assim o exigem.

Ao mesmo tempo, os casos demonstram que a aprendizagem tecnológica ocorre concomitantemente a um processo de aprendizagem organizacional, no qual a empresa se capacita em termos de suas outras funções e permanece em constante evolução com relação a sua estrutura e processos administrativos, buscando manter a integração entre as funções.

A função Engenharia, especificamente, é pensada não só como uma solucionadora de problemas, na concepção do "trouble-shooting", mas também como a responsável pela montagem de uma base de informações. Essa base deve evidenciar a ocorrência da chamada desaprendizagem e, a partir de feedback e de análise crítica, tornar cada vez mais fácil a obtenção do pacote tecnológico.

Isto requer que o conceito de criatividade para a engenharia não se resume apenas em criar produtos e soluções técnicas brilhantes, mas ainda, sob o ponto de vista do processo de capacitação da empresa, em criar esquemas e mecanismos de uso interno, que permitam consolidar a aprendizagem tecnológica.

Este conjunto de mudanças implica necessariamente uma nova concepção do desenvolvimento de tecnologia. A nosso ver, uma constatação importante deste trabalho foi mostrar que a dependência tecnológica dos países em desenvolvimento, em relação aos países desenvolvidos, pode situar-se tanto ao nível da prática quanto ao nível das idéias. A desmistificação do conceito de tecnologia, o seu equacionamento no cotidiano das empresas industriais, o delinear de suas possibilidades e limitações pode ser o primeiro passo no sentido de operacionalizar essa nova concepção.

Algumas sugestões podem ser encaminhadas:

— ao nível das empresas.

- assumir que a aprendizagem tecnológica é um subpro-

duto da própria atividade produtiva e que a sua capitalização, num processo incremental, pode aumentar os trunfos da empresa no seu posicionamento estratégico;

- organizar para que o processo de aprendizagem possa ocorrer de maneira eficaz, através:
  - da montagem de uma equipe técnica estável e motivada;
  - do estabelecimento de uma estrutura organizacional que permita e induza a constante comunicação e troca de informações entre os elementos da equipe técnica;
  - da definição de um esquema de treinamento (mesmo que seja ao nível de empresa) que forneça subsídios (especialmente metodológicos<sup>(3)</sup> e organizacionais) para a aprendizagem;
  - da estruturação de um sistema de informações que facilite o processo de aprendizagem e forneça *feedback* para todos que tomaram decisões de cunho tecnológico;
  - do estabelecimento de sistemas de normas e procedimentos que consolidem os conhecimentos desenvolvidos durante a aprendizagem, configurando patamares de capacitação tecnológica que estão sempre evoluindo e servindo como base para a elaboração de novos conhecimentos.
  - ao nível das universidades (especialmente escolas de engenharia e administração).
- desmistificar a idéia de tecnologia exclusivamente como aplicação de (novos) conhecimentos científicos ou como inovação;
- criar uma concepção de engenheiro como organizador do processo de aprendizagem tecnológica na empresa, através do desenvolvimento de um repertório de comportamentos adequados e da transmissão de conhecimentos relativos à dinâmica das organizações de maneira geral;
- discutir o conceito amplo de tecnologia, considerando as dimensões econômicas, políticas e sociais, a nível macro, e o papel das empresas industriais nesse contexto, a nível micro.
  - ao nível das políticas (industrial e tecnológica)
- criar condições de estabilidade para as empresas industriais brasileiras, especialmente em termos de garantir a não destruição da capacitação tecnológica já atingida, e na medida do possível gerar estímulos (financeiros, legais, fiscais etc) para que esta capacitação aumente;
- dar sustentação em termos de instituições e mecanismos para o desenvolvimento de tecnologia (metrologia, normalização e certificação);
- agir sobre o próprio sistema de ensino de engenharia, redefinindo o conceito de engenheiro para o contexto da empresa industrial brasileira.

## NOTAS

1. Por exemplo, as empresas vendiam para o Nordeste do Brasil. Neste caso, era mais barato para os compradores fazerem o conserto das máquinas no próprio local que arcarem com os custos de revisão das máquinas em São Paulo, mesmo durante o período de garantia.
2. No sentido proposto por Burns e Stalker em *The management of innovation*, Tavistock Publications, 1961.
3. Por exemplo: técnicas de criatividade, dinâmica de grupos, metodologias de solução de problemas, etc.

## ABSTRACT

This article develops the argument that, given the characteristics of the Brazilian industrial firms, the central issue for management is not innovation but the management of technological learning. This makes the Engineering function central to the development of technology inside the firm.

## BIBLIOGRAFIA

- BERTERO, C. *Gestão tecnológica: aspectos organizacionais e administrativos*, in RAE-Revista de Administração de Empresas, FGV-EAESP, vol. 17, nov/dez 1977, p. 96.
- CHANDLER, A. *Strategy and structure*. Massachusetts, The MIT Press, 1962.
- FLEURY, A. *Análise a nível de empresa dos problemas tecnológicos do setor de máquinas-ferramenta*. São Paulo, Fundação Vanzolini, mimeo, 1977.
- FREEMAN, C. *The economics of innovation*. London, Penguin Books, 1974.
- FROHMAN, A. *Technology as a competitive weapon*, in Harvard Business Review, JAN/FEB 1982.
- KATZ, J. *importación de tecnología, aprendizaje e industrialización dependiente*. Mexico, Fondo de Cultura Económica, 1976.
- SABATO, J. & MCKENZIE, M. *Tecnologia e estrutura produtiva*. São Paulo, IPT-Publicações, nº 10, 1981, p. 10.