

Ciência e tecnologia: a natureza de suas relações com a inovação tecnológica e a globalização*

Edison de Oliveira Martins Filho**

Sumário: 1. A natureza da ciência e da tecnologia; 2. O processo de inovação tecnológica; 3. Ciência e tecnologia e o processo de globalização.

Palavras-chave: ciência e tecnologia; inovação tecnológica; globalização.

Este artigo analisa a natureza e os papéis da ciência e da tecnologia, descrevendo a natureza do processo de inovação tecnológica e suas relações com os processos científicos e econômicos. O artigo apresenta a relação entre tecnologia e poder e seus efeitos no processo de globalização, bem como as transformações no processo de criação científica e as condicionantes políticas emergentes. São introduzidos os conceitos de *core technologies* e *technological landscaping*, como elementos que podem ser utilizados como insumos para a criação de estratégias de políticas tecnológicas.

Science and technology: its nature and relations with technological innovation and globalization

This paper describes the nature and roles of science and technology, and studies the relations between technological innovation and the economic process. The paper also reveals the links between technology and power, and its effects in the globalization process. The transformations in the scientific creation process and their political effects are also shown. Two concepts — *core technologies* and *technological landscaping* —, which may be used in technological strategic planning, are also presented.

1. A natureza da ciência e da tecnologia

Em função da aplicação cada vez mais disseminada do método científico às ciências naturais e sociais, o estoque de conhecimento da sociedade contemporânea tem crescido de forma acentuada. Está havendo uma verdadeira inundação de idéias, traduzida pelo aumento do número de publicações existentes e pela velocidade de circulação das idéias. Entretanto, a validade desse crescente estoque de conhecimento tem sido muito questionada.

Alguns autores, por exemplo, argumentam que tem sido de pouca valia para a sociedade atual, por sua utilização estar sendo condicionada pelo chamado paradigma centrado no mercado (Campos, 1990). Para tais autores, esse paradigma tem impedido que os incrementos no estoque de conhecimento disponível se tra-

* Artigo recebido em abr. e aceito em jun. 1996. Este artigo foi extraído da dissertação apresentada ao Coppead/UFRJ como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de mestre em ciências (M. Sc.), em mar. 1996.

** Engenheiro da assessoria técnica da Comissão Nacional de Energia Nuclear/Instituto de Engenharia Nuclear (CNEN/IEN).

duzam, de forma mais efetiva, em aumento significativo e consistente do nível de bem-estar social.

Um ponto que merece destaque é a percepção de que o estoque de conhecimento disponível fornece, entre outros, dois subprodutos que polarizam o interesse da humanidade e motivam uma injeção maciça de recursos para o seu desenvolvimento.

O primeiro deles — o entendimento do mundo físico — é imaterial e sujeito a avaliações subjetivas. Através da física e da matemática e suas expressões, tais como a relatividade geral, a genética ou a mecânica quântica, pode-se ter o senso de compreensão e o domínio dos processos que explicam a trajetória do universo. Essa questão suscita debates acalorados entre cientistas acerca desta suposta *onicompetência* (Atkins, 1992) da ciência.

Mary Midgley (1992) afirma que a ciência tem imposto limites estreitos ao domínio de seu discurso e muitas perguntas e questões filosóficas e sociológicas devem permanecer fora de seu escopo de trabalho. Ao questionar as reais fronteiras da ciência, Midgley não ataca diretamente as teorias físicas. Ela acredita que as teorias são demasiado acadêmicas para justificarem o excesso de confiança na ciência. Ela prefere acreditar que o problema tem suas origens nos sucessos tecnológicos, sinais exteriores mais evidentes da efetividade da ciência.

Por outro lado, Atkins (1992) acredita que as limitações impostas à ciência decorrem da necessidade de estreitar o escopo do que é estudado para poder-se atingir um entendimento satisfatório dos problemas abordados. Acredita que, cedo ou tarde, com o progresso, todas as questões serão englobadas no escopo da ciência. Para Atkins, o progresso ininterrupto da ciência fundamenta a crença de que ela é realmente *onicompetente* e está apenas temporariamente bloqueada em algumas áreas, à espera do desenvolvimento das ferramentas teóricas necessárias para continuar seu avanço.

O segundo subproduto do estoque de conhecimento é a tecnologia. Ela pode ser medida de forma objetiva e tem implicações econômicas e sociais substantivas. Diversos estudiosos já analisaram a questão da geração de tecnologia e as implicações de sua transferência. Esse problema já foi abordado por economistas, sociólogos, antropólogos, engenheiros, empresários e teóricos do comportamento e da ciência política. Existe tanto uma taxonomia como um conjunto amplo de abordagens possíveis acerca da tecnologia. O ponto fundamental é ter em mente que tecnologia, por sua natureza multidisciplinar, requer tanto a abordagem ampla quanto o entendimento de todas as suas implicações nos campos econômico, político e social.

Apesar de sua natureza multidisciplinar, pode-se propor duas grandes abordagens para melhor compreender o papel da tecnologia no mundo contemporâneo. A primeira abordagem é técnica, funcional, e reflete o pensamento de economistas, engenheiros e administradores. A segunda abordagem é sociológica, pouco instrumental e interpretativa. Na abordagem funcionalista, os economistas entendem a tecnologia como um dos insumos mais importantes para o desenvol-

vimento econômico. Adam Smith foi um dos primeiros a examinar a tecnologia de fabricação, em 1776. Karl Marx (1874) e Schumpeter vislumbraram na tecnologia o motor do crescimento econômico. Abramovitz e Solow (1957) confirmaram evidências do impacto das mudanças tecnológicas na economia.

Muitos economistas, em seus estudos e modelos, tratam a tecnologia como fator exógeno (Rodríguez, 1975). Outros, entretanto, tratam-na como fator endógeno (Feenstra). Para os economistas, definir a tecnologia de formas diferentes resulta em modelos econômicos que levam a conclusões diferentes.

Para os administradores, a tecnologia é vista como um ativo estratégico (Drucker, 1985). É uma das forças mais importantes na estratégia competitiva, podendo alterar métodos de fabricação e determinar as vantagens competitivas das organizações. Nesse contexto estratégico, a tecnologia tem sido utilizada para melhor situar econômica e socialmente indústrias, regiões e países. Por esse enfoque, ela seria componente fundamental para ajudar a modificar os sistemas de valores e a cultura de uma sociedade, impondo novos padrões de satisfação e consumo e viabilizando novos mercados (Porter, 1989).

A abordagem interpretativa tem como uma de suas teses a descoberta de novos caminhos para abordar antigos problemas. Essa abordagem é utilizada principalmente por sociólogos e teóricos das organizações. A tecnologia é encarada como um dos fatores determinantes de inovações que permitem aos indivíduos ou organizações utilizar novas alternativas e novos meios para a solução de problemas. É preferível questionar a relevância dos problemas que devem ser atacados através do uso de determinada tecnologia antes de chegar ao ponto de opção entre alternativas tecnológicas disponíveis.

Alguns autores questionam a validade da tecnologia, por entenderem que nem todas as inovações e tecnologias são desejáveis, apesar de concordarem que elas têm papel muito importante na sociedade. Pode-se entender, também, por essa abordagem, que determinada tecnologia pode ser aceitável para determinado cenário, em uma situação específica, e ser totalmente desaconselhável em outra situação.

Essa adaptação da tecnologia ao contexto social é muito bem abordada por Wykle (1992), quando afirma que os produtos não devem ser desenvolvidos independentemente dos mercados que os utilizarão, nem mercados devem ser criados artificialmente para viabilizar produtos. A produção deve direcionar-se para produtos não-agressivos, ecologicamente adequados e efetivamente demandados.

A conseqüência mais importante dessa abordagem interpretativa é a percepção da *não-neutralidade da tecnologia*. Ela não pode ser utilizada ignorando-se o contexto social. A conveniência econômica e social da utilização de determinado conjunto de tecnologias somente pode ser avaliada a partir do conhecimento de todos os aspectos relevantes que condicionam ou influenciam sua utilização. A proposta é encarar a tecnologia, a sociedade e o homem como formadores de um sistema único, evolutivo e organicamente integrado.

Num contraponto entre as duas abordagens descritas, pode-se ver que a abordagem funcionalista, guiada pelo paradigma centrado no mercado, situa a tecnologia dentro de seu papel na organização. Entretanto, fica limitada a partir do momento em que se deseja fazer a avaliação mais ampla do comportamento e do papel das organizações dentro da sociedade, à luz do paradigma *holístico* emergente. Justamente neste ponto a abordagem interpretativa torna-se mais interessante, porque permite entender e situar de forma muito mais ampla o papel da tecnologia na organização e na sociedade, incorporando os contextos social e político. Como, no momento, não se pode ignorar completamente as premissas do paradigma dominante, nem utilizar somente as premissas do paradigma emergente, talvez se possa, a partir das aparentes contradições entre as duas abordagens, formular uma síntese dialética que constitua um passo à frente na tentativa de compreensão da natureza da ciência e da tecnologia.

Essa síntese não aceitaria totalmente as premissas do mercado nem as preocupações sociológicas levantadas. Entretanto, abriria a possibilidade de dar aos usuários da tecnologia papel mais substantivo nos processos de escolha e implementação de novos produtos ou processos dela derivados, ao mesmo tempo em que viabilizaria o lucro e a sobrevivência das organizações.

À sociologia e às teorias das organizações é reservado o papel de analisar interpretativamente as características das organizações que se baseiam em conhecimento. Elas devem identificar tipologias de configurações estruturais que possuem potencial para a utilização adequada da ciência e da tecnologia disponíveis num determinado contexto social.

2. O processo de inovação tecnológica

Os termos pesquisa e desenvolvimento (P&D), quando utilizados juntos, descrevem um conjunto de atividades criativas, realizadas de forma sistemática, com o fim de aumentar o estoque de conhecimentos técnicos e científicos. Implicam, também, a utilização desse estoque no projeto e realização de aplicações práticas. Considera-se que a P&D é composta de três subsistemas da atividade: *pesquisa básica ou fundamental, pesquisa aplicada e desenvolvimento experimental* (Freeman, 1974).

Segundo Teixeira (1983), nem sempre é possível estabelecer claramente fronteiras entre cada uma das atividades de P&D. Embora seja verdade que as motivações possam estabelecer diferenças, ou mesmo que o perfil das pessoas envolvidas possa distinguir o tipo de pesquisa conduzida, atualmente é cada vez mais difícil fazer a distinção entre elas. Um projeto de pesquisa que tenha sua origem na pesquisa básica pode evoluir para aplicações e mesmo para geração de produtos ou processos. Nem sempre será possível definir claramente os instantes em que as motivações mudaram ou em que, de fato, as características do projeto foram alteradas.

Como visto anteriormente, os clássicos da economia foram os primeiros a reconhecer a forte ligação entre progresso científico e desenvolvimento industrial. Se nos fins do século XIX as invenções científicas não fossem transformadas em produtos que tivessem impacto social, elas não teriam passado de mero exercício intelectual e artesanal. O impacto social ocorreu porque empresas como a I. G. Farben, Hoechst, Bayer, Du Pont e I. C. I. desenvolveram e lançaram comercialmente produtos baseados nas invenções realizadas (Teixeira, 1983). Entretanto, é necessário distinguir entre *invenção* e *inovação*.

Quando uma invenção é concebida, fruto de uma atividade sistemática de P&D ou resultante da experiência e da habilidade prática de alguém, não entra imediatamente no processo produtivo. Para Teixeira (1983), muitas invenções não passam sequer dos estágios de concepção e desenvolvimento experimental. Algumas são posteriormente abandonadas sem maiores conseqüências, mesmo atingindo o estágio de protótipo.

Quando a invenção ultrapassa todas essas etapas intermediárias e atinge o estágio final do processo produtivo, tendo impacto direto na sociedade, está-se diante de uma inovação. A inovação pode incorporar diversas invenções ou descobertas científicas. Cooper (1973) descreve a inovação como um empreendimento que toma a invenção e transforma-a em tecnologia comercialmente útil. Para ele, não existe retorno comercial de uma invenção, a menos que seja seguida por uma inovação.

Essa idéia é compartilhada pelos economistas. Para eles, a invenção é distinta da inovação pelo fato de um projeto conjunto de ações não constituir inovação enquanto não atingir o mercado sob a forma de produto ou processo. O processo é chamado de *cadeia de inovação* ou *processo de inovação*. As características desse processo são a utilização de procedimentos que envolvem coleta de dados técnicos, definição e especialização de produtos/processos, P&D, engenharia e *marketing*.

Diversas tentativas foram feitas para identificar um modelo conceitual que explicasse o processo de inovação. Essas tentativas esbarraram em fatores que dependem das peculiaridades de cada projeto, do setor industrial em questão e da natureza errática que caracteriza as inovações (Teixeira, 1983). Estudos como os de Mayers e o projeto Sappho são exemplos de tentativas para a elaboração de uma estrutura conceitual da questão e merecem ser descritos com mais detalhes.

Mayers (1967) e seus associados estudaram 567 projetos de inovação na indústria americana e formularam um modelo onde o processo de inovação dentro das empresas é composto por seis estágios: decisório; formulação de idéias; solução do problema; solução; difusão pré-comercial, e produção.

Conduzido na Inglaterra em 1968, o projeto Sappho teve como objetivo *identificar características diferenciadoras entre casos de sucesso e fracasso* em projetos de inovação tecnológica (Science Policy Research Unit, 1972). Em certa medida, aponta algumas singularidades comuns nas inovações bem-sucedidas.

Tanto o projeto Sappho quanto outros estudos empíricos semelhantes destacam três aspectos fundamentais que estimulam o processo de inovação industrial: estímulos de natureza mercadológica e de ordem tecnológica e as condições ambientais ou *clima* para a inovação (Teixeira, 1983). Os estudos também destacam que o processo de inovação é extremamente complexo e cheio de peculiaridades para permitir a construção de um modelo conceitual útil e preciso para a previsão tecnológica. Teixeira utiliza o exemplo da Du Pont, que sofreu sérios prejuízos, para exemplificar esse fato (Teixeira, 1983).

Riscos e incertezas são inerentes ao processo de inovação. Eles existem porque as informações que a empresa manipula são imperfeitas e os projetos utilizam *projeções* de condições futuras (Teixeira, 1983). O processo de inovação é, por natureza, probabilístico e depende de muitas variáveis aleatórias. Em muitas ocasiões a organização pode estimar probabilidades e traçar um curso de ação racional para minimizar riscos e incertezas. As incertezas são de três categorias: nos negócios, técnicas e mercadológicas.

As incertezas nos negócios estão vinculadas às decisões empresariais e são de natureza intrínseca à atividade da organização. As incertezas técnicas refletem as probabilidades de as especificações técnicas do produto serem atingidas dentro dos prazos e custos previstos. Por fim, as incertezas mercadológicas têm conexão direta com as probabilidades de sucesso do produto no mercado a que se destina (Teixeira, 1983).

Freeman (1974) afirma que os projetos de inovação constituem uma *classe não-homogênea de eventos* que tem seu grau de incerteza variando em função do tipo de inovação proposta. Freeman, na verdade, criou uma *tipologia das inovações*. A classificação indica que, quanto mais radical a inovação, mais arriscado o projeto que objetiva seu lançamento. Organizações conservadoras optam por inovações incrementais, enquanto organizações mais ousadas preferem inovações mais radicais. A maior ou menor propensão de uma organização a correr riscos, investindo em P&D, é característica comportamental que pode inibir o processo de inovação industrial (Teixeira, 1983).

A *teoria neoclássica* apresenta como axioma uma proposição que diz que a maximização dos lucros é o objetivo maior das organizações. A base desse axioma é a suposição de que as informações utilizadas para decisão são perfeitas e a tecnologia é invariante (Teixeira, 1983). Aqui reside o grande desafio da inovação, pois Freeman (1974) afirma que a previsão das estratégias organizacionais é impossível à luz da teoria neoclássica, por serem instáveis tanto o comportamento do mercado quanto a tecnologia.

Freeman (1974) contorna essas dificuldades analíticas estabelecendo uma classificação pragmática dos tipos de estratégias adotadas pelas organizações (Freeman, 1974). Essa classificação associa a inovação industrial às estratégias possíveis de serem adotadas pelas organizações. De acordo com a abordagem de Freeman, existem seis tipos de estratégias: ofensiva, defensiva, imitativa, dependente, tradicional e oportunista.

Uma estratégia ofensiva é promovida pela organização que almeja liderança no mercado e na tecnologia frente a suas competidoras. Caracteriza-se por excelência técnica de produtos, agressividade mercadológica e investimentos fortes em P&D.

A estratégia defensiva é utilizada pela organização que espera que suas concorrentes lancem os produtos e, somente após observar os resultados, lança suas inovações. Característica de mercados oligopolizados, as organizações defensivas também são intensivas em tecnologia.

A estratégia dependente é típica de empresas institucional e economicamente submissas a outras firmas. Filiais de multinacionais são um bom exemplo. Freeman (1974) as caracteriza como postos de vendas das matrizes. Seu P&D é centrado nas matrizes.

Em uma estratégia imitativa, a organização reage às mudanças técnicas, mas não tem qualquer interesse em diminuir o *gap tecnológico* que a separa das líderes de mercado.

A estratégia tradicional está ligada a setores onde as mudanças se processam com muita lentidão. O mercado não demanda inovações, nem existe competição acirrada. É uma estratégia típica de economias fechadas e com baixo grau de investimento em P&D (Teixeira, 1983).

Finalmente, o elenco se completa com a inclusão da estratégia oportunista. Essa estratégia depende fortemente da habilidade gerencial da organização. Caracteriza-se por utilizar nichos de mercado criados pelas mudanças rápidas de tecnologias e demandas.

Cada uma dessas estratégias reflete a postura da organização em relação à liderança técnica do mercado, ao grau de risco desejável e à competição encontrada em seu meio ambiente. O importante é entender que existem diversas posturas frente às incertezas da inovação. Entender essas incertezas permite a previsão de reflexos de ações de concorrentes ou do Estado na estratégia tecnológica da organização.

Teixeira (1983) cita um modelo de desenvolvimento tecnológico proposto por Carrère que aborda a questão da influência e do papel do Estado em relação ao problema da inovação tecnológica. A premissa básica de Carrère é que o Estado dispõe de recursos e mecanismos de indução ao desenvolvimento de tecnologia no seio da iniciativa privada. Alguns desses mecanismos têm a função de induzir o empresariado a assumir riscos. Ele toma por base as conclusões de Freeman e formula um modelo com diversas hipóteses (Britton, 1978).

Na primeira hipótese, Carrère propõe que o desenvolvimento industrial é o somatório dos desenvolvimentos individuais de processos evolutivos independentes. Um desses processos é a capacitação tecnológica. Na segunda, propõe que uma organização pode iniciar sua vida com qualquer estratégia. Um país, por outro lado, sempre começa a evolução com sua indústria no estágio tradicional; somente depois, através de processo evolutivo, os outros estágios serão alcançados. Na terceira hipótese, propõe que em uma sociedade, dependendo do setor in-

dustrial escolhido, pode-se observar mais de um estágio. Por fim, cada estágio considerado não resulta de decisões conscientes do empresariado nem do Estado, mas da observação *a posteriori* de fatos, desempenhos e realizações.

O ponto central do modelo de Carrère é a sugestão de que a interação entre os interesses do Estado e da iniciativa privada pode ensejar, em setores industriais, a evolução de um estágio para outro. Também afirma que cada instrumento governamental tem seus efeitos condicionados pelo estágio da indústria ao qual se aplica.

De forma complementar, Pavitt (1971), ao analisar os países-membros da OCDE, concluiu que existem alguns fatores comuns que facilitam o comprometimento das organizações com a inovação industrial. Para ele, o Estado é o agente responsável pela criação de um clima ou ambiente capaz de estimular a empresa privada à inovação. Em um contexto econômico onde o mercado se expande, o capital de risco está disponível e a política salarial e os incentivos fiscais são eficazes, outros fatores favorecem o desenvolvimento tecnológico. Pavitt destaca 10 fatores importantes nesse processo, no âmbito da OCDE. São fatores de natureza financeira, estrutural e política.¹

Os fatores de natureza financeira são os incentivos fiscais, o capital de risco e os subsídios em P&D. Os fatores de natureza estrutural são a infra-estrutura em ciência e tecnologia, a mobilidade de pessoal, a transferência de tecnologia endógena e um adequado sistema de informação e documentação. Finalmente, os fatores de natureza política são a filosofia de competição no mercado, as regulamentações, normas e padrões, e o sistema de licenças e patentes.

3. Ciência e tecnologia e o processo de globalização

As sociedades pós-industriais possuem características definidas por três forças básicas: novas dimensões tecnológicas dos processos econômicos e sociais; grande número de problemas resultantes de avanços econômicos e tecnológicos, que exigem decisões em um ambiente de crescente incerteza; e rápida transição para um sistema econômico global caracterizado por novas formas de interdependência (Ferné, 1995).

Essas três forças básicas têm raízes nas mudanças ocorridas nos sistemas tecnológicos ao longo da história. São relevantes a Revolução Industrial no século XIX, as duas grandes guerras mundiais, a Guerra Fria e a crise energética. Essa cadeia de eventos, na verdade, pode ser estendida até os primórdios da aurora da humanidade, onde começaram as primeiras interações do homem com a tecnologia.

¹ Uma tabela comparativa dos instrumentos utilizados como parte de políticas de incentivo ao setor de C&T em diversos países pode ser encontrada em Teixeira (1983:77-82).

Uma das características da tecnologia é o estabelecimento de alianças entre a ciência e os sistemas industriais da economia para alcançar objetivos comuns (Jean-Jacques, 1984). Essas alianças tornaram-se possíveis por meio de quatro desenvolvimentos históricos: institucionalização da pesquisa, profissionalização, desenvolvimento tecnológico aplicado à indústria e forte ligação entre ciência e poder.

A institucionalização da pesquisa foi feita através da criação e diversificação de um sem-número de instituições especializadas, entre as quais universidades, laboratórios industriais e públicos, centros tecnológicos e outros. Essas organizações fornecem aos cientistas uma *selva* institucional para que cada pesquisa seja desenvolvida no *habitat* mais apropriado. A profissionalização tornou possível a criação de carreiras científicas profissionais que permitem aos cientistas conciliar a pesquisa com os seus interesses pessoais. O desenvolvimento tecnológico aplicado à indústria tornou possível o estabelecimento de uma relação dinâmica entre pesquisa e mercado. Ciência e poder tornaram-se intimamente ligados. A produção da bomba atômica pelo Projeto Manhattan durante a II Guerra Mundial é o melhor exemplo dessa união. Os anos subsequentes testemunharam a crescente instrumentalização da ciência e da tecnologia pelos detentores do poder e a concentração do aproveitamento de suas aplicações em uns poucos países ocidentais (Ferné, 1995).

Ao contrário de Schott, Ferné (1995) é mais realista ao afirmar que as capacidades de pesquisa estão concentradas em um pequeno número de países. Ele constata que mais de 90% das aplicações de recursos em pesquisa e desenvolvimento foram feitos por países industrializados.

Esse pequeno clube de países altamente industrializados tem mantido suas posições dominantes em capacitação tecnológica desde o término da II Guerra Mundial. A única mudança significativa foi a emergência de alguns países no cenário tecnológico e científico: Japão, Brasil, Índia e as dinâmicas economias asiáticas. Dentro desse grupo, o Japão desafiou a posição preeminente das *velhas* potências industriais e efetivamente consolidou-se como líder mundial em diversos processos de fabricação.

Conclui-se que a capacitação em pesquisa e desenvolvimento é fenômeno local, porque, em 1988, cerca de 96% dos recursos alocados em pesquisa e desenvolvimento estavam concentrados nos países industrializados. Os restantes 4% estavam dispersos nos países em desenvolvimento. Esse fenômeno local tem, entretanto, enormes implicações globais (Ferné, 1995).

Ferné (1995) é de opinião que essa concentração vem-se agravando, pois os Estados Unidos voltaram a dar prioridade para o setor, tendo sido responsáveis por cerca de um terço dos gastos em pesquisa e desenvolvimento no fim da década de 80. Os esforços do Japão e da Coreia do Sul merecem destaque. Entre 1973 e 1980 seus orçamentos em pesquisa e desenvolvimento triplicaram, tomando-se os valores expressos em dólares americanos. Em 1980, esses dois países investiram juntos mais recursos que todo o Terceiro Mundo reunido. O montante che-

gou a 10% dos gastos mundiais em pesquisa e desenvolvimento. Oito anos depois esses dois países já eram responsáveis por cerca de 20% dos gastos mundiais na área. A Europa Ocidental, no mesmo período, apesar de apresentar altas taxas de investimento, começa a demonstrar sinais de esgotamento. Tornou-se cada vez mais difícil para os países da Europa Ocidental sustentar sua posição internacional.

Por outro lado, os países em desenvolvimento têm problemas muito sérios com o perfil dos gastos em pesquisa e desenvolvimento. Na década de 80, esses países ocupavam entre 18 e 19% dos pesquisadores existentes no mundo (entre cientistas e engenheiros envolvidos em P&D), distribuição muito diferente da apresentada para os recursos disponíveis. A diminuição continuada no investimento em pesquisa e desenvolvimento levará os cientistas ao ponto em que não mais poderão trabalhar efetivamente como pesquisadores, em face da escassez de recursos.

Três pontos importantes merecem destaque no cenário apresentado. Primeiro, os países industrializados encaram a ciência e a tecnologia como tendo *importância estratégica*. Segundo, a posição de preeminência dos países industrializados é muito difícil de ser ameaçada. Terceiro, uma política sustentável de pesquisa e desenvolvimento de longo prazo requer o suporte de uma infra-estrutura industrial competitiva e a difícil conciliação entre necessidades políticas e econômicas de curto prazo com questões de mais longo prazo (Ferné, 1995).

Dado que o mundo não-industrializado não é homogêneo em termos de acesso aos recursos de pesquisa e desenvolvimento, é extremamente útil uma tipologia que permita classificar os países segundo parâmetros econômicos, sociais, educacionais e de mão-de-obra. Trabalho desse tipo foi realizado pela Unesco, que classifica os países em quatro grupos em função de sua capacidade tecnológica (Unesco, 1992).

O primeiro grupo é composto de 55 países com nenhuma base tecnológica e científica, quase todos países africanos. Esses países têm baixa renda *per capita*, baixo potencial de formação de recursos humanos e baixo percentual de participação dos manufaturados na produção industrial total. No segundo grupo, estariam cerca de 40 países em processo de industrialização, já contando com os elementos fundamentais de uma base científica e tecnológica. A renda média é moderada e existe uma limitada produção industrial endógena. O percentual relativo de pessoal envolvido em pesquisa e desenvolvimento é alto, mas limitado em termos absolutos. Esse grupo inclui Argélia, Gana, Indonésia, Iraque, Malásia, Paraguai e Sri Lanka. O terceiro grupo engloba também cerca de 40 países em desenvolvimento e inclui os países com industrialização recente (os chamados *Newly Industrialized Countries — NICs*). Observa-se aí uma base tecnológica bem-estabelecida e alto potencial de pessoal para atuar na área. A renda *per capita* é relativamente alta e o sistema industrial é funcional, com alta produção de bens manufaturados. Os países latino-americanos desse grupo são Argentina, Brasil, México e Venezuela. No quarto grupo estão os países industrializados,

que apresentam uma base científica e tecnológica economicamente efetiva, principalmente em relação à indústria.

A classificação apresentada destaca a heterogeneidade dos países em desenvolvimento em relação aos países industrializados. Os países asiáticos concentram cerca de 60% dos pesquisadores ativos nos países em desenvolvimento. A África e a América Latina perderam terreno em relação a essa região. Os países do terceiro grupo que possuem os maiores sistemas de pesquisa e desenvolvimento (Brasil, Argentina e México) conseguiram manter uma taxa relativamente alta de expansão dos sistemas de pesquisa, apesar da crise fiscal. Entretanto, é cada vez mais difícil para esses países acompanhar as taxas de investimento dos países asiáticos.

O padrão de concentração da aplicação dos recursos nos países industrializados é decorrente do entendimento da ciência como recurso nacional essencial e da crescente orientação para as necessidades do mercado (Ferné, 1995). A competição proporcionada pelo mercado incentivou o processo inovador e alterou os retornos para os investimentos de risco. A inovação tecnológica criou taxas de retorno diferenciadas para os investimentos, alterou processos e custos de produção e criou novos mercados derivados de produtos inovadores.

Alguns fatores inibem a inovação e o desenvolvimento tecnológicos: a falta de recursos, o baixo nível de educação da força de trabalho, a escassez de oportunidades de treinamento e a inadequação dos currículos nas universidades. Os países que não desenvolverem tais fatores de forma satisfatória não atingirão o pleno potencial de seu estoque de recursos científicos e tecnológicos (Ferné, 1995).

Apenas o grupo dos países industrializados conseguiu criar e manter um sistema de ciência e tecnologia forte e um *sistema de extração de resultados de pesquisa* adequado neste final de século.² A maioria não tem os recursos, a capacidade técnica e as habilidades necessárias para engajar-se na corrida pelo desenvolvimento de inovações. Para esses países, sobram como estratégia a cópia, a imitação ou simplesmente a importação de mudanças técnicas incrementais. A forma como a *tríade* composta por América do Norte, Europa Ocidental e países asiáticos do Anel do Pacífico organiza sua política de ciência e tecnologia tem impacto global. Essa tríade condiciona a forma pela qual os demais países do mundo devem adaptar-se em termos de organização, prioridades e aplicações tecnológicas. Não é surpresa que todo esse sistema criado pelos países desenvolvidos seja visto “do exterior como um formidável monolito de poder tecnológico; tão formidável que é difícil ver como ele poderia ser emulado, ou como estratégias alternativas poderiam ser desenvolvidas. Os resultados [desse arranjo] são inquestionáveis. Há, entretanto, muitas fraquezas e nem todos os países industriais estão igualmente bem equipados para confrontar os desafios da nova economia emergente no mundo” (Ferné, 1995).

² Uma discussão detalhada da ideia de sistema de extração de resultados de pesquisa pode ser encontrada em OECD (1989).

Os sistemas de ciência e tecnologia dos países industrializados refletem em cada país o resultado de uma combinação única, que, por sua vez, determina a capacidade de sucesso em ciência e tecnologia. Os fatores mais importantes e condicionantes da estruturação desses sistemas de ciência e tecnologia são: cronologia da industrialização; forma da emergência da ciência; impacto da II Guerra Mundial; criação de centros de pesquisa militares; papel do Estado; grau de internacionalização da economia; natureza do consenso nacional acerca das atribuições do Estado (Ferné, 1995).

Esses fatores de natureza estrutural e conjuntural combinam-se sob formas diferentes em cada país. Assim, desenvolvem-se maneiras específicas de lidar com a ciência e a tecnologia e de sua inserção e papel na sociedade. A posição atual de um país no contexto científico e tecnológico também reflete sua herança histórica. Essa herança condiciona a velocidade de adaptação a novos desafios e oportunidades.

Durante a década de 70, a recessão, o aumento do custo das matérias-primas e o surgimento de novos competidores no mercado internacional provocaram mudanças no comportamento dos países industrializados. Foi percebido que sua posição hegemônica não era eterna e que vantagens competitivas e capacidades inovativas deviam ser procuradas. A competição comercial ganhou importância. Processos de produção mais efetivos e um grande leque de produtos oferecidos tornaram-se fortes vantagens competitivas. Esse contexto obrigou a tecnologia a se orientar pelo mercado. Tornou-se claro que o sucesso comercial estava associado diretamente a novos fatores, tais como capacidade de extração rápida de resultados de pesquisas, ajuste fino às mudanças do mercado e diminuição do tempo gasto entre o surgimento de uma idéia e sua transformação em produtos comercializáveis.

Durante a década de 80, uma importante mudança conceitual ocorreu. Ficou claro que eram as empresas, e não os Estados, que deveriam ser os atores principais no processo de inovação (Porter, 1993). Os Estados dos países industrializados não conseguiam identificar mercados e aplicações comerciais de forma adequada, adotando um novo papel. Nesse novo papel caberia ao Estado: a criação de uma teia que interligasse e desse coesão e coerência às condições econômicas, institucionais e legais; a concessão de incentivos e condições estruturais básicas, tais como mão-de-obra educada e treinada, para a criação de um ambiente favorável para a inovação e adaptação industrial.

Foi também necessário perceber que nesse contexto de mudanças o conhecimento científico e tecnológico tornou-se *commodity*. Ferné (1995) afirma que o sucesso em processar essa *commodity* resulta da habilidade em compreender ou imaginar todas as dimensões e potenciais de seu uso nos diversos setores da economia. Os sucessos comerciais são o resultado do reconhecimento de novas combinações (quase que ao acaso) de funções tecnológicas ainda não antecipadas.

Segundo Ferné (1995), não foi antecipado por esses países que as novas tecnologias (informática e telecomunicações em particular) teriam tão grande im-

pacto nos mercados mundiais e na aceleração do processo de globalização. Tampouco foi percebido que as forças do mercado estavam-se tornando gradativamente instrumentais na moldagem do progresso tecnológico em muitos segmentos estratégicos. Como resultado, as margens de escolha dos países foram reduzidas. Assim como Alvin Toffler (1989), Ferné também acredita que as tecnologias de informação têm impacto considerável na economia mundial. Essa tecnologia é definida como a convergência da eletrônica, da computação e das telecomunicações (Ferné, 1995). Entretanto, a capacidade de geração e processamento de dados está crescendo a taxa tão alta que muitas tecnologias podem ser encaradas como tendo atingido um patamar novo e qualitativamente diferente.

Nesse novo patamar, a evolução tecnológica depende mais de como a informação é manipulada. A tecnologia da informação possui uma instrumentalidade que permite trocar métodos de produção obsoletos por outros mais novos. Possibilidades sem precedentes de coleta de dados, processamento, compartilhamento e distribuição de informações criaram novas dimensões no gerenciamento de indústrias e serviços. Para atingir todo seu potencial, essas novas tecnologias de informação formam redes com duas características importantes: retornos crescentes por adoção e externalidades (OECD, 1991). Essas características estão intrinsecamente relacionadas com a dinâmica das forças de mercado.

O retorno crescente por adoção é inerente à estrutura dos sistemas de informação. Ao contrário de muitos sistemas tecnológicos do passado, em que os custos de instalação e de operação eram altos, nos de informação isso não acontece. Nos sistemas de informação (como telefonia e processamento eletrônico de dados), o custo de instalação é alto, porém o de manutenção é baixo. Esses sistemas possuem duas qualidades interessantes: baixo custo marginal de acréscimo de usuários e atratividade do sistema diretamente proporcional ao número de usuários.

O conceito de externalidades está baseado na idéia de que o acréscimo de um usuário beneficia todos os usuários da rede. Por exemplo, o acréscimo de um aparelho de fax em uma rede beneficia todos os existentes, por possibilitar-lhes a oportunidade de ligação para um novo número. O benefício também pode ser medido pelo aumento incremental do *hardware* disponível, representado por mais um aparelho de fax na rede. Essas características da economia de redes definem um novo ambiente econômico onde a difusão das inovações é acelerada e se expande em ondas. É precisamente a combinação dinâmica dessas características que gera a globalização. Elas conduzem a economia mundial ao estabelecimento de um sistema de redes. Pertencer a esse sistema é um pré-requisito para a participação no comércio mundial (OECD, 1991).

Uma peculiaridade do processo de globalização é a ênfase na padronização de produtos e processos. Ela geralmente ocorre devido à necessidade de economia de escala nos processos produtivos. A padronização visa a garantir que sucessivas gerações de determinado produto ou equipamento sejam compatíveis com as anteriores, possibilitando a interconexão de redes e a evolução sem saltos

que exijam altos investimentos. As modernas redes de microcomputadores são um bom exemplo.

A combinação entre o paradigma centrado no mercado e o processo de globalização tem afetado a pesquisa acadêmica e a atuação das instituições de pesquisa do Estado nos países industrializados. A colaboração intersetorial tem aumentado entre universidades e indústrias. Esse fato tem colocado em xeque a integridade das instituições acadêmicas. Comportamentos e atitudes que afetaram as tradicionais transparência e difusão de idéias nas universidades começaram a aparecer. Idéias potencialmente patenteáveis são sistematicamente preservadas e não são difundidas.

O sucesso tornou-se muito mais ligado à capacidade de ter acesso às informações corretas e identificar a relevância e a sinergia potenciais espalhadas pelos diversos elementos de informação (Ferné, 1995). Apesar disso, nenhuma organização pode esperar dominar sozinha o volume de informação criado e acrescentado ao estoque de conhecimento existente. Torna-se, então, imprescindível comercializar com outras organizações as disponibilidades de acesso a informações vitais. Essa nova conjuntura explica dois fatos extremamente importantes.

O primeiro é o extraordinário desenvolvimento das relações *indústrias/universidades*. As indústrias não apóiam as pesquisas acadêmicas apenas por diletantismo. Elas têm interesse em criar e manter, a custo relativamente baixo, um canal através do qual podem contatar as pesquisas relevantes feitas ao redor do mundo. O segundo fato é a tentativa do Estado de tomar parte do gerenciamento e controle do processo de geração e difusão do conhecimento. Em nenhuma outra época na história da humanidade um ditado foi utilizado tão corretamente quanto hoje: *conhecimento é poder*.

As conseqüências desse processo de globalização são muito sérias. As pressões para a internacionalização das economias e contra as idéias nacionalistas são extremamente fortes. O paradigma atual é o da inevitabilidade da interdependência. A conseqüência mais clara disso é o surgimento de blocos regionais de cooperação econômica, compostos de Estados lutando para redefinir papéis políticos e econômicos. Dois dos pilares desse novo paradigma são que nenhum país poderá ser bem-sucedido se não tiver os recursos científicos e tecnológicos necessários para se inserir e participar de um fluxo ininterrupto de inovações tecnológicas, e que cada país deve perceber que existe uma margem de liberdade limitada para a escolha das tecnologias em que deve investir.

Observando-se os programas científicos e tecnológicos dos países europeus, da América do Norte e da Ásia, nota-se que esses países possuem, de fato, um *núcleo comum* que reflete o domínio de uma *base tecnológica*. Uma vez dominada essa base, diversos graus de autonomia e especialização podem ser alcançados. Esse núcleo comum é denominado *core technologies*.

As *core technologies* compõem um conjunto de tecnologias que devem ser dominadas *a priori*. Elas devem criar o estoque mínimo de conhecimentos necessários, sem os quais não será possível assimilar novas tecnologias (Ferné, 1995).

Um exemplo é o conjunto formado por biotecnologia, tecnologia de informação e pesquisa de novos materiais. Essas três áreas tornaram-se portões de acesso obrigatório para a aquisição de modernas tecnologias industriais. Elas têm em comum diversas características que exemplificam esse processo de acesso: em todas as três são exigidas sofisticadas aplicações de tecnologias de informação; são multidisciplinares, não têm ligações exclusivas com setores particulares da economia e possuem implicações em diversas esferas da atividade humana. A pesquisa nessas áreas é orientada para problemas específicos. Esse tipo de orientação está normalmente associado aos maiores avanços tecnológicos devido à pressão sócio-econômica da sociedade para a busca de soluções. Todas essas características evoluem dinamicamente com os avanços de pesquisa ao redor do mundo.

O correto entendimento desse contexto de escolhas e margens de liberdade permite determinar as condições de contorno do país na área tecnológica. A tarefa será, então, a de identificar que *picos* não escalar, que *vales* atravessar e que *obstáculos* contornar. Para ser efetivo, esse trabalho deve contribuir para a formulação estratégica nacional e ser desenvolvido em uma base em contínuo processo de mutação. Esse trabalho de construção é chamado de *technological landscaping* (Ferné, 1995), algo como a construção de uma paisagem tecnológica. Cada país tem sua própria paisagem a ser construída, de forma dinâmica e evolutiva, a despeito das injunções do paradigma estabelecido. A idéia de *technological landscaping* não serve apenas para a coleta de dados. Ela permite *compreender* o caos de informações e estímulos disponíveis. Seu maior desafio é provavelmente organizar as informações existentes de modo a facilitar a identificação natural de áreas de interesse.

Referências bibliográficas

Atkins, Peter. Will science ever fail? *New Scientist*, Aug. 8, 1992. p. 32-5.

Britton, J. N. H. et alii. *The weakest link: a technological perspective on Canadian industrial underdevelopment*. Ottawa, Science Council of Canada. 1978.

Campos, Anna Maria. Contribuição para o resgate da relevância do conhecimento para a administração. In: Seminário Novas Concepções em Administração e Desafios do SNS: Em Busca de Estratégia para o Desenvolvimento Gerencial. *Anais*. Rio de Janeiro, 1990.

Cooper, C. *Economic problems in assessing the patent system*. Sussex, University of Sussex, SPRU, 1973.

Drucker, Peter F. The discipline of innovation. *Harvard Business Review*, 63:67-72, May/June 1985.

Feenstra, R. C. Tariffs, technology transfer and welfare. *Journal of Political Economy*, 90:1.142-65.

Ferné, Georges. Science and technology in the new world order. In: Schwartzman, Simon (coord.). *Science and Technology in Brazil: a new policy for a global world*. Rio de Janeiro, FGV, 1995.

Freeman, C. *The economics of industrial innovation*. Middlessex, Penguin Books, 1974.

Jean-Jacques, Salomon. What is technology? The issue of its origins and definitions. *History and Technology*, 1:113-56, 1984.

Marx, K. *Capital*. London, Lawrence and Wishart, 1874, v. 1.

Mayers, S. Successful industrial innovations, NSF 19-17. In: *Technology transfer and industrial innovation*. Washington, National Planning Association, 1967.

Midgley, Mary. Can science save its soul? *New Scientist*, Aug. 1, 1992.

OECD. *Government policies and factors influencing the innovative capability of small and medium enterprise*. Delf, Netherlands, 1978.

———. *Major R & D programmes for information technology*. Paris, 1989.

———. *Information technology standards, the economic dimension*. Paris, 1991.

Pavitt, K. *The conditions for success in technological innovation*. Paris, OECD, 1971.

Porter, Michael E. *Vantagem competitiva*. 4 ed. Rio de Janeiro, Campus, 1989.

———. *A vantagem competitiva das nações*. Rio de Janeiro, Campus, 1993.

Rodriguez, C. A. Trade in technical knowledge and the national advantage. *Journal of Political Economy*, 83:121-35, 1975.

Science Policy Research Unit. *Success and failure in industrial innovation (Project Sappho)*. London, Center for the Study of Industrial Innovation, 1972.

Solow, R. Technical change and aggregate production function. *Review of Economics and Statistics*, Aug. 1957, p. 312-20.

Teixeira, Descartes de Souza. Pesquisa, desenvolvimento experimental e inovação industrial: motivações da empresa privada e incentivos do setor público. In: *Administração em ciência e tecnologia*. Rio de Janeiro, E. Blücher, 1983.

Toffler, A. *A terceira onda*. São Paulo, Record, 1989.

Unesco. International Council for Science Policy Studies (ICSPPS). *Science and Technology in developing countries*. Unesco, 1992, p. 55-77.

Wykle, Lucinda. Social responsibilities of managers. *Journal of Management Development*, 11(4):49-56, 1992.