

Longo, Waldimir Pirró. O desenvolvimento científico e tecnológico do Brasil e suas perspectivas frente aos desafios do mundo moderno. **Coleção Brasil: 500 anos, Vol II.** Belém: Editora da Universidade da Amazônia. 2000.

2.0- CONCEITOS BÁSICOS SOBRE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

A primeira dificuldade enfrentada por quem se propõe a discorrer sobre ciência e tecnologia, é a exata compreensão dos termos utilizados com mais frequência no trato desses assuntos. A própria palavra tecnologia é empregada com mais de um sentido por diferentes autores, provocando sérios enganos mesmo em pessoas diretamente ligadas ao seu uso, geração ou trato político. Talvez isso se dê porque o perfeito conhecimento da problemática científica e tecnológica não faz parte da cultura da maioria da nossa população.

No sentido de minorar este fato, o presente trabalho tem por objetivo divulgar um conjunto de conceitos, coerentes entre si, que sirvam de base a uma mais precisa abordagem dos temas relacionados com ciência e tecnologia.

– **Ciência** : é o conjunto organizado dos conhecimentos relativos ao universo, envolvendo seus fenômenos naturais, ambientais e comportamentais.

A palavra descoberta refere-se à identificação e/ou explicação de fenômeno da natureza (conhecimento científico). Em geral, a ciência é dita pura ou fundamental, quando desvinculada de objetivos práticos, e aplicada quando visa conseqüência determinadas. Apesar de não ter vínculos com preocupações de ordem imediatas, hoje, grande parte da ciência fundamental não é desenvolvida totalmente livre e de maneira aleatória; em geral, ocorre uma certa seletividade no seu rumo, causada por fatores práticos ou subjetivos de ordem econômica, social, cultural ou política. No passado, os cientistas estavam unicamente interessados em descobrir e compreender os fenômenos do universo, com total despreocupação pelas possíveis conseqüências das suas descobertas. No momento, provavelmente, há um número muito maior de cientistas interessados nas conseqüências de suas novas descobertas, do que na simples compreensão dos fenômenos envolvidos. Apesar dessa mudança, o cientista normalmente não está preparado para transformar suas descobertas em um bem comercializável. Essa transformação que em geral não é trivial, exige recursos, serviços e profissionais especializados, que geralmente são superiores à capacidade do laboratório científico.

A geração de conhecimento científico se faz mediante a pesquisa ou investigação científica. A pesquisa segue as etapas do que se convencionou chamar método ou metodologia científica, que consiste em :

- Definição das questões levantadas pela observação de algum fenômeno;
- Postulação de hipóteses que expliquem a ocorrência do fenômeno;
- Experimentação para verificar estas hipóteses;
- Formação de um modelo ou teoria fundamentada nas hipóteses e resultados da evidência experimental;
- Validação e crítica das conclusões e resultados.

Esta última etapa do método torna o trabalho do cientista um processo social, já que as teorias e conclusões dos seu trabalho de pesquisa devem ser relatadas publicamente e sobreviver a um período de debate, avaliação crítica e à repetição dos ensaios e testes por outros profissionais competentes. Só assim os novos conhecimentos são incorporados à ciência universal. Essa exposição à confirmação forçou, historicamente, que a ciência tivesse livre divulgação e circulação. Em conseqüência, o conhecimento científico é um bem público e acervo da humanidade.

– **Tecnologia** : é o conjunto organizado de todos os conhecimentos científicos, empíricos ou intuitivos empregados na produção e comercialização de bens e serviços.

Alguns autores consideram a tecnologia como sendo apenas ciência aplicada. Na realidade esta definição pode não ser sempre verdadeira, embora no mundo atual, a tecnologia dependa cada vez mais dos conhecimentos científicos. Como prova de que a definição é imperfeita, Jorge Sabato usava como exemplo a invenção do container que, a rigor, não envolveu nenhum conhecimento científico mas que, no entretanto, é uma das tecnologia de maior sucesso no setor de transportes.

Modernamente, a estreita ligação entre a ciência e a tecnologia fez com que surgisse, no trato dos assuntos a elas pertinentes, o binômio Ciência e Tecnologia, referido no singular e designado pela sigla C&T.

O domínio do conjunto de conhecimentos específicos que constituiu a tecnologia permite a elaboração de instruções necessárias à produção de bens e de serviços. A simples posse dessas instruções, que são expressões materiais e incompletas dos conhecimentos (plantas, desenhos, especificações, normas, manuais) e a capacidade de usá-las não significam que, automaticamente, o usuário se tornou detentor de conhecimentos que as geraram, ou seja, da tecnologia. Frequentemente, tem se empregado a palavra tecnologia para designar tais instruções, e não os conhecimentos que, em geral, estão armazenados em cérebros de pessoas. Isto tem sérias implicações na correta compreensão do que seja o potencial ou independência tecnológica de uma indústria ou mesmo de uma nação.

Como por exemplo, chega-se ao absurdo de acreditar que quando uma empresa multinacional coloca em funcionamento aqui o último modelo de uma máquina importada de fazer parafusos, o país está dotado da mais alta tecnologia de fazer parafusos. Na realidade, ele está dotado das mais altas instruções para fazer parafusos.

As instruções, bem como as tecnologias de base unicamente empírica ou intuitiva deveriam ser chamadas de técnica.

Normalmente, as tecnologias são referidas em correspondência com as diversas etapas dos processos que permitem produzir e comercializar bens e serviços. Assim, por exemplo, encontram-se referências à tecnologia de processo, tecnologia de operação, etc.

Além de fator de produção - ao lado do capital, insumos e mão-de-obra - a tecnologia se comporta também como uma mercadoria. É objeto de operações comerciais e tem preço, donde, trata-se de um bem privado.

Sendo a tecnologia uma mercadoria é importante a aceitação de sua propriedade pelo sistema econômico. Tratando-se, porém, de mercadoria intangível, a sociedade criou normas e convenções específicas a fim de qualificar a propriedade

tecnológica, resultando no sistema de patentes. Na realidade, o aparato legal da propriedade tecnológica, também chamada de propriedade industrial, compreende igualmente o registro e proteção de marcas.

A propriedade industrial, juntamente com o direito de autor (copyright), compõem a propriedade intelectual, cujo fórum é a Organização Mundial da Propriedade Intelectual- OMPI. Ultimamente, as questões relativas à propriedade industrial, cujo comércio no nível internacional, em dólares, atinge a casa dos bilhões, passou a ser objeto de intervenção da Organização Mundial do Comércio-OMC.

No Brasil, as marcas, as patentes, a transferência de tecnologia, as franquias e os direitos sobre softwares, são tratadas pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial-INPI.

O processo de compra e venda de tecnologia é normalmente referido como transferência de tecnologia. O uso da palavra transferência, ao invés de venda, dá idéia que o cedente transmitirá ao receptor todos os conhecimentos que geraram a tecnologia e, portanto, o seu domínio. Normalmente, porém, o que ocorre é uma venda, na qual o vendedor esconde os conhecimentos e entrega as instruções. Assim os contratos de transferência de tecnologia podem propiciar ou não sua transferência na verdadeira acepção da palavra. O processo de transferência é bastante complexo e difícil, exigindo, além da disposição do cedente, competência e determinação de quem recebe. A verdadeira transferência de tecnologia ocorre quando o receptor absorve o conjunto de conhecimentos que lhe permitem adaptá-la às condições locais, aperfeiçoá-la e, eventualmente, criar nova tecnologia de forma autônoma.

O comércio de tecnologia, por sua vez, é realizado através de transações que podem ser enquadradas nas seguintes categorias:

Assistência técnica : serviço permanente de assessoramento e/ou consultoria, prestado por pessoas físicas ou jurídicas, envolvendo conhecimentos técnicos e especializados, inclusive de engenharia de processo, de produto e de fabricação, e pressupondo vinculação duradoura entre as partes contratantes.

Licença de fabricação e/ou utilização de patentes : cessão de direitos, por parte de pessoas físicas ou jurídicas, de propriedade sobre desenhos e especificações de produtos sujeitos a processos definidos de industrializações patenteados e registrados no BRASIL e no país de origem, obrigando à vinculação duradoura entre as partes contratantes.

Serviços de engenharia : serviços temporários de assessoramento e/ou consultoria, prestados por pessoas físicas ou jurídicas, envolvendo conhecimentos técnicos especializados, pressupondo vínculo transitório entre as partes.

Tal categoria de transação pode ser considerada como assistência técnica temporária, englobando supervisão de montagem; execução de construção; execução de testes e ensaios; instalação; funcionamento e ajuste de equipamentos; supervisão de compras, inspeção de materiais, supervisão de embarques; treinamento de pessoal; serviços de engenharia não especializados e assessoria ou consultoria sobre questões específicas.

- **Elaboração de projetos** : estudos baseados em pesquisas específicas, ou em acervo de informação e de dados técnicos, que permitem chegar às plantas, desenhos e especificações finais para construção de unidades produtivas, ou para a elaboração de produtos industriais, pressupondo vínculo transitório entre as partes.

No mundo atual, além do seu valor mercantil, a tecnologia tem um valor estratégico cada vez maior, comprovado pelo fato de expressões como "dependência tecnológica", "neocolonialismo tecnológico" e "autonomia tecnológica", serem cada vez mais correntes nas avaliações políticas, econômicas e militares de nações. Tais expressões indicam a existência de nações que possuem tecnologia e de nações que não a possuem, e que, portanto, dependem das outras para seu desenvolvimento e segurança.

Encontra-se na literatura especializada referência a diversas categorias de tecnologia que são mais ou menos difundidas. Na década de 1970 tornou-se popular a expressão "tecnologia apropriada" ou "adequada" indicando normalmente técnicas geradas ou desenvolvidas respeitando culturas locais ou regionais. Em contrapartida usa-se com freqüência as expressões "alta tecnologia" e "tecnologia de ponta", referindo-se àquelas tecnologias muito intensivas em ciência, na fronteira do conhecimento e, portanto, exigentes de pesquisa e desenvolvimento.

É importante ainda distinguir-se entre invenção e inovação. Na terminologia da propriedade industrial, a invenção usualmente significa a solução para um problema tecnológico que pode ser patenteada, considerada nova e suscetível de utilização. Na realidade, milhares de invenções nunca foram patenteadas, e o que pode ser patenteado varia, de certa maneira, de país para país. A invenção é um estágio do desenvolvimento no qual é produzida uma nova idéia, desenho ou modelo para um novo ou melhor produto, processo ou sistema, cujos efeitos podem ficar restritos ao âmbito do laboratório onde foi originada. Já a inovação significa a solução de um problema, tecnológico, utilizada pela primeira vez, descrevendo o conjunto de fases que vão desde a pesquisa até o uso prático, compreendendo a introdução de um novo produto no mercado, em escala comercial tendo, em geral, fortes repercussões sócio-econômicas. A maioria das inovações são rotuladas de incrementais, uma vez que melhoram os produtos sem alterá-los na sua essência (Ex.: a evolução do automóvel). Inovações que representam uma ruptura, um salto tecnológico, são aquelas que mudam as características dos setores produtivos nos quais são utilizadas (Ex.: o laser).

A tecnologia é, em geral, produzida e levada a utilização pelo setor produtivo, através de um encadeamento sistemático de atividades de pesquisa, desenvolvimento experimental e engenharia.

- **Pesquisa** : é uma atividade realizada com o objetivo de produzir novos conhecimentos, geralmente, envolvendo experimentação.

A palavra pesquisa ganhou muita popularidade de uns anos para cá. Na maior parte das vezes, porém, é utilizada para designar atividades que poderiam ser denominadas de censo, levantamento de dados ou coleta de informações.

- **Pesquisa fundamental** : é a pesquisa feita com objetivo de aumentar conhecimentos científicos sem qualquer aplicação prática em vista.

A pesquisa fundamental é realizada sem compromisso com a resolução de problemas predeterminados. Sua motivação é acrescentar algo novo ao acervo de conhecimentos acumulados sobre as propriedades, estruturas e inter-relações das substâncias e de fenômenos de qualquer natureza. Ela dá origem a novas leis, teorias ou hipóteses, que poderão resultar em aplicações numa etapa subsequente.

- **Pesquisa aplicada** : é a busca de novos conhecimentos científicos ou não, que ofereçam soluções a problemas objetivos, previamente definidos.

A pesquisa aplicada se diferencia da pesquisa fundamental, principalmente pela motivação de quem a realiza.

- **Desenvolvimento experimental** : é o trabalho sistemático, delineado a partir do conhecimento preexistente, obtido através da pesquisa ou experiência prática, e aplicada na produção de novos materiais, produtos e aparelhagens, no estabelecimento de novos processos, sistemas e serviços, e ainda substancial aperfeiçoamento dos já produzidos ou estabelecidos. Na área industrial, o desenvolvimento cobre a lacuna existente entre a pesquisa e a produção e, geralmente, envolve a construção e operação de plantas-piloto (engenharia de processo), construção e teste de protótipos (engenharia de produto), realização de ensaios em escala natural e outros experimentos necessários à obtenção de dados para o dimensionamento de uma produção em escala industrial. Nas ciências sociais e humanas, o desenvolvimento experimental pode ser definido como o processo de transformar os conhecimentos adquiridos através de pesquisa, em programas operacionais, incluindo projetos de demonstração para teste e avaliação.

A tecnologia gerada ou aperfeiçoada pela pesquisa e desenvolvimento experimental, pode exigir diferentes graus de elaboração até o seu emprego numa unidade produtiva. Essa elaboração exige os serviços especializados de engenharia.

- **Engenharia** : faz a concepção da produção do bem ou do serviço, estuda sua viabilidade técnica e econômica, projeta e implanta as instalações físicas, e conforme o caso, opera as mesmas.

Em outras palavras, a tecnologia produzida pela pesquisa e desenvolvimento experimental, tem que ser "engenheirada" para poder ser utilizada pelo setor produtivo. Assim, para que os conhecimentos gerados pelas universidades, institutos e outras organizações envolvidas em pesquisa e desenvolvimento tenham resultado concreto no setor produtivo, há que se cuidar do estabelecimento de alta competência em se "engenheirar".

No caso mais complexo, que envolve a implantação de uma instalação industrial resultante de uma nova tecnologia de processo desenvolvida, ela exigirá os serviços de engenharia cujas conceituações se seguem:

• **Planejamento** : fase em que é estabelecido uma abordagem geral do projeto e a sua viabilidade.

Concepção básica : compreende a definição das exigências funcionais e dos dados necessários para a elaboração da engenharia básica. Inclui a escolha do processo, diagramas esquemáticos, especificações e requisitos fundamentais, todos expressos de forma genérica.

Estudo de viabilidade : nesta etapa são estimados os investimentos necessários à implantação de projetos e os custos operacionais: realizadas análises técnico-econômico-financeiras, definida a localização e estabelecido o esquema de captação de recursos humanos.

• **Engenharia de projeto** : é a concretização física do empreendimento.

Projeto de engenharia básica : compreende os diagramas detalhados dos fluxos; exigências gerais de operação; descrição completa de processos; balanço de energia e materiais consumidos; cálculo das dimensões principais dos grandes equipamentos e dos sistemas de utilidade; localização dos componentes; especificações de materiais; normas, etc.

Detalhamento : compreende os cálculos definitivos; o projeto executivo de construção, instalação e montagem, e a elaboração das especificações para compra ou fabricação de equipamentos e materiais.

• **Compra** : envolve a preparação dos documentos de compra; organização das concorrências; avaliação das propostas; adjudicação das encomendas e recebimento.

• **Engenharia de construção e montagem** : compreende a execução dos serviços de construção e montagem da unidade fabril e a realização de testes e início da operação.

O funcionamento articulado do setor de Ciência e Tecnologia, de uma nação, requer a existência de algumas atividades complementares, como os Serviços Científicos e Tecnológicos e o Ensino e Treinamento de pessoal especializado.

Os Serviços Científicos e Tecnológicos fornecem o suporte técnico para o desenvolvimento dos trabalhos de pesquisa e de desenvolvimento experimental e para aplicação e difusão de seus resultados na sociedade. Fazem parte deste grupo:

- Os serviços de informação técnico-científica, inclusive os serviços de biblioteca;
- A coleta sistemática de dados (geológicos, meteorológicos, de recursos naturais, econômicos, sociais e outros);
- As atividades rotineiras dos museus, zoológicos, jardins botânicos e reservas ecológicas;
- Os serviços de normalização, de metrologia e de qualidade industrial;
- Os serviços de propriedade industrial;
- Os serviços de extensão agrícola e industrial.

Finalmente, o Ensino e Treinamento de Pessoal Especializado compreende o ensino de nível superior, orientado para a obtenção de um título universitário de pós-graduação ou especialização, o treinamento proporcionado pelos cursos de reciclagem para cientistas e engenheiros, e a formação de técnicos e laboratoristas.

A rede de instituições formadoras de recursos humanos e prestadoras de serviços de apoio para pesquisa constitui a infra-estrutura de um Sistema Nacional de Ciência e Tecnologia.

O orçamento nacional de C&T compreende as despesas com P&D, com os serviços científicos e tecnológicos, mais aquelas requeridas pelo ensino e treinamento de pessoal especializado.

Segundo Jorge Sábato, ilustre argentino que muito influência teve na conscientização da América Latina a respeito da problemática científica e tecnológica, um sistema nacional de ciência e tecnologia envolve três setores principais: governo, educação e empresas. Sabato representou tal sistema através da figura de um triângulo equilátero, cujos vértices são ocupados pelos citados setores principais. O triângulo representativo do sistema é, hoje, conhecido como "Triângulo de Sabato". (Figura 2.1).

Em consequência da importância estratégica da C&T, foi salientada, na Introdução, que a interveniência dos governos no seu desenvolvimento é crescente na maioria dos países, mesmo na vigência de políticas neo-liberais que pregam a interveniência mínima do governo na sociedade. Outras razões para o envolvimento do governo no setor, são o custo crescente das pesquisas e a complexa infra-estrutura física e ambiental social para que o mesmo floresça. O governo é coordenador-mór das atividades de C&T, direcionando-as no sentido de atender às demandas, presentes e antecipadas, julgadas relevantes. Para cumprir o seu papel, além de formular políticas e estratégias, o governo tem que ser dotado de órgãos especializados reguladores (propriedade industrial, normas, padrões, certificação, meio-ambiente, etc.) e incentivadores das atividades (bancos de desenvolvimento, agências de fomento, etc.), prestadores de serviços (bibliotecas, museus, etc.) e executores de pesquisas (defesa, meio-ambiente, saneamento, saúde, etc.) .

O setor educacional é o responsável pela formação e aperfeiçoamento dos recursos humanos especializados: desde operários fabris até pesquisadores. São particularmente importantes as escolas técnicas e as universidades. Tradicionalmente, nestas últimas, é realizada a maior parte da pesquisa básica e, conseqüentemente, nelas é produzida a maior parte do conhecimento científico.

O setor empresarial é o motor do desenvolvimento tecnológico. Em busca de inovações, baseadas no aproveitamento de descobertas científicas, de inventos e de aperfeiçoamentos daquilo que já existe, crescentemente as empresas têm produzido, também, conhecimentos científicos (os Laboratórios Bell, anteriormente pertencentes à A.T.T e hoje integrantes da empresa Lucent, ostentavam, até o final dos anos 90, dez premiações Nobel). Além das indústrias e de seus centros de P&D, são importantes as empresas de consultoria e engenharia, as prestadoras de serviços técnicos especializados e de serviços de informação científica e tecnológica.

Finalmente, o desempenho de um sistema de desenvolvimento científico e tecnológico, de seu segmento de P&D ou de uma empresa no que diz respeito ao seu sistema interno de inovação, é aferido através de indicadores. Para avaliar o desempenho corretamente, é necessário acompanhar-se a evolução de indicadores que meçam:

- 1 - esforço despendido (*inputs*);
- 2 - resultados obtidos (*outputs*), e
- 3 - impactos causados pelos resultados.

BIBLIOGRAFIA

1. LONGO, W. P., "Tecnologia e transferência de tecnologia", A Defesa Nacional, p. 55, nº 678, Rio de Janeiro, 1978.
2. LONGO, W. P., "Tecnologia e soberania nacional", Nobel - Promocet, São Paulo, 1984.
3. ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA, "Manual Básico", p. 288, Rio de Janeiro, 1996.
4. FRANK DA COSTA, J., "A estratégia científica e tecnológica e os seus aspectos internacionais", Seminário de Abertura do PROTAP, Rio de Janeiro, 1974.
5. SABATO, J., Palestra no Módulo I do PROTAP, Nova Friburgo, 1974.
6. PLANO MESTRE DE SIDERURGIA, Engenharia de projetos e de instalações, Relatório Final, Brasília, 1976
7. UNESCO, Recomendação para normalização internacional de dados estatísticos sobre ciência e tecnologia adotado pela Conferência Geral da UNESCO em sua vigésima reunião de 27 de novembro de 1978, CNPq, Brasília, 1980.
8. "Indicadores empresariais de inovação tecnológica", ANPEI, Dezembro, São Paulo, 1998.