

# INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

*Ivan Rocha Neto*<sup>1</sup>

## **Resumo**

Este artigo desenvolve o conceito de sistema de inovação tecnológica, identificando seus atores, processos e relações de interdependência, explorando as dimensões política, econômica e sócio-cultural da tecnologia. A partir deste referencial, o autor analisa a situação do sistema nacional de inovação no Brasil e medidas são propostas para melhorar a conectividade entre seus agentes, além de estratégias de aproveitamento dos programas e instrumentos de fomento à capacitação tecnológica existentes.

Palavras-chave: Inovação, Inovação Tecnológica, Sistema de Inovação Tecnológica, Sistema Nacional de Inovação, Agentes de Inovação.

## **Abstract**

The concept of national system of innovation is discussed in this paper, identifying its main agents, processes and mutual relations, as well as the political, economic, social and cultural aspects of technology. On the basis of this concept the author makes analyses the Brazilian System of Innovation and policies are proposed to improve the connectivity among its agents, along with strategies to benefit from the existing instruments for technology capacity building.

Key-words: Innovation, Technological Innovation, Technological Innovation System, National Innovation System, Agents of Innovation.

## *1. Introdução*

O conceito de inovação tecnológica é essencialmente econômico, pois compreende a apropriação comercial de conhecimentos técnico-científicos para introdução de aperfeiçoamentos nos bens e serviços utilizados pela sociedade. “Novidade”, avanço científico, invenção ou descoberta não são o mesmo que inovação, que requer necessariamente a sanção do mercado. Portanto, compreende a introdução de produtos ou serviços novos ou modificados no mercado ou a apropriação comercial pioneira de invenções, conhecimentos, práticas organizacionais, técnicas e processos de produção.

As inovações tecnológicas podem ser: radicais, a partir de descobertas ou bases inteiramente novas de conhecimentos técnico-científicos, modificando completamente práticas econômicas e sociais; ou incrementais, que apenas aperfeiçoam produtos, processos e serviços existentes. As inovações não se relacionam apenas com questões de ordem técnico-científica, mas apresentam também dimensões de ordem política, econômica e sócio-cultural. A multiplicidade de possibilidades de escolha, que afetam de forma diferenciada os ambientes social e natural, caracteriza a dimensão política das inovações. Além disso, tecnologia como uma forma de poder e de dominação envolve necessariamente considerações de ordem política.

A concorrência no mercado de bens e serviços depende de vantagens comerciais obtidas pela exploração pioneira de produtos e serviços, isto é, da capacidade de introduzir inovações. Os valores sócio-culturais também influem sobre as possibilidades de sanção do mercado ou de aceitação de novos bens e serviços. A relação das inovações com a

---

<sup>1</sup> Engenheiro eletricitista, analista de desenvolvimento científico e tecnológico do CNPq, professor doutor da Universidade de Brasília e do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná.

competitividade torna evidente a sua dimensão econômica.

Para Schumpeter [1], o empresário inovador é o agente que, por meio das mais eficientes combinações, introduz no mercado novos produtos e induz os consumidores a demandá-los.

Esses argumentos sugerem relações de interdependência entre todas as dimensões do processo inovativo, que são complexos e dinâmicos. Portanto não podem ser adequadamente descritos por modelos lineares, baseados em relações temporais imutáveis, ou de causalidades simples e diretas, seja com base nas oportunidades ensejadas pelo progresso técnico-científico, seja a partir da demanda de mercado. As limitações dos modelos lineares, algumas vezes apresentados na literatura especializada, são evidentes, pois o processo técnico - econômico revela-se muito mais complexo, compreendendo a interação de muitos fatores que precisam atuar de forma sinérgica para favorecer a introdução de inovações.

Para ilustrar a diversidade de fatores que podem interferir no processo de inovação são mencionados apenas os seguintes: estabilidade, pois as possibilidades de ganhos econômicos são neutralizadas, e os riscos envolvidos na introdução de inovações são aumentados, em ambientes instáveis ou altamente inflacionários; regime de concorrência, para pressionar as empresas a investir em atividades de risco; capacidade de identificação de demandas de mercado; educação dos consumidores, e suas exigências, tanto no que se refere às condições de preço e qualidade, quanto às de procura e capacidade de compra de produtos ou serviços especiais; capacidade e estratégias de regulação do Estado; direitos de propriedade industrial ou de exploração comercial; qualificação dos trabalhadores, atitude e capacidade de resposta da base técnico-científica instalada no País para atender às demandas econômicas e sociais; aspectos sócio-culturais, que determinam os valores reais ou percebidos por uma comunidade em relação a determinados bens e serviços, e que pouco têm a ver com qualidade e preço; capacidade de investimento; infra-estrutura de serviços técnico-científicos, capacidade de gestão; e estratégias de competição das empresas.

Portanto, parece evidente a necessidade de uma abordagem sistêmica, compreendendo o estudo das relações de interdependência entre os vários fatores intervenientes e das suas interações, para se poder obter algum entendimento sobre os processos de inovação e difusão tecnológica.

Neste sentido, algumas práticas gerenciais e estratégias de aprendizagem tecnológica podem ser adotadas, entre as quais são indicadas as seguintes: utilização de critérios sistemáticos de recrutamento de pessoal, visando a internalização de conhecimentos novos; aproveitamento racional das oportunidades de treinamento de pessoal oferecidas regularmente no mercado e pelos fabricantes dos equipamentos empregados na produção; organização de programas próprios de formação e treinamento de pessoal; busca sistemática de aprendizagem das tecnologias embutidas nos equipamentos utilizados na produção; organização de um sistema próprio de aquisição e circulação de informações; uso sistemático dos serviços de informação disponíveis e acesso às bases de dados selecionadas e existentes no mercado; monitoração das estratégias dos concorrentes e da qualidade de seus produtos; introdução de práticas gerenciais de qualidade total e de avaliação da produtividade; observação, adaptação e internalização de práticas bem sucedidas e utilizadas por outras organizações ("benchmarking"); e desenvolvimento de um clima favorável à criatividade, mediante comprometimento de todos os membros da organização, compreendendo todas as suas relações, incluindo a participação de clientes e fornecedores.

Portanto, compreendem um saber-fazer organizado, diversificado e complexo, que envolve um esforço de contínua aprendizagem, que extrapola o domínio do bem ou serviço produzido.

## *2. Um modelo de representação do sistema de inovação*

O modelo que será resumidamente apresentado para descrever os processos de inovação e difusão, fundamenta-se no paradigma proposto por Erich Jantsch [2], Gregory Bateson e por outros pensadores. Esse modelo também desenvolvido por Rego P. [3] tem sido aplicado pelo autor [4] para descrever a dinâmica de inovação e difusão de tecnologia.

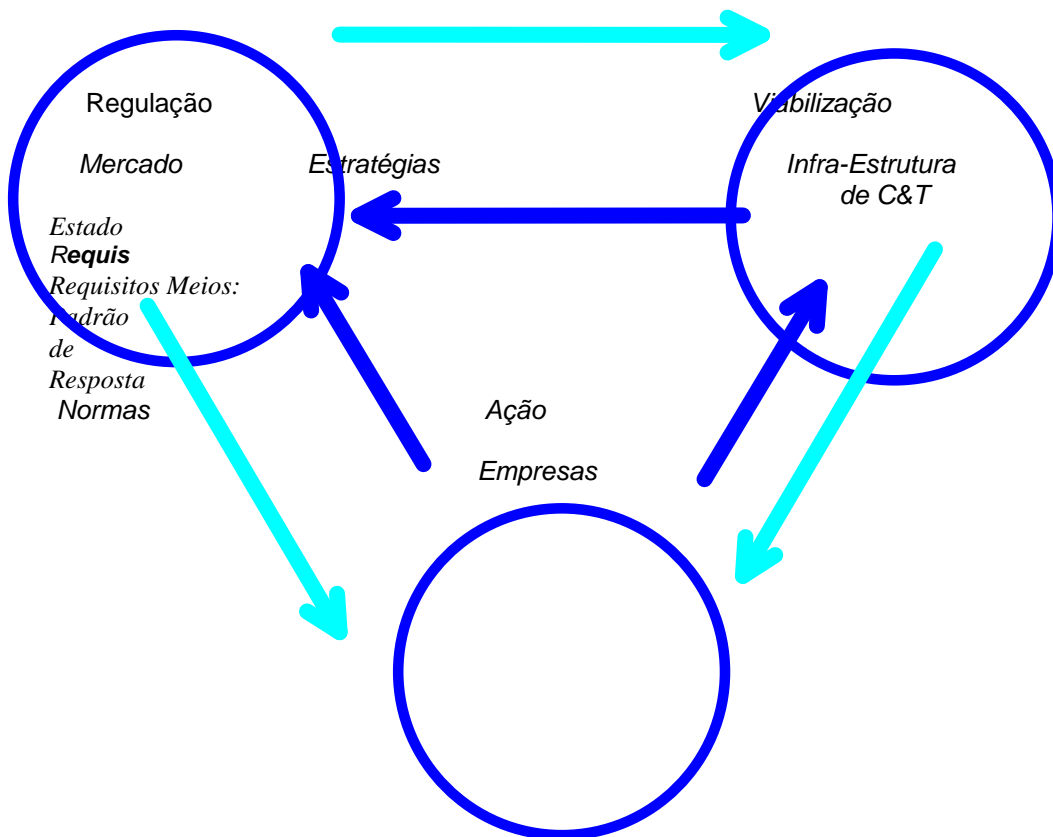
Trata-se de um sistema aberto, dinâmico e não linear, que exhibe capacidade de aprendizagem e de auto-organização. Essas propriedades decorrem das suas características globais e não de qualquer de suas partes considerada isoladamente.

As capacidades de auto-organização e de aprendizagem são obtidas por meio de mecanismos de comunicação e controle, compreendendo as interações entre os processos de decisão ou regulação, viabilização e ação, bem como dos fluxos de informação entre seus agentes (fig 1).

O modelo proposto articula os processos de decisão, viabilização e ação por meio de informações que podem ser resumidas em seis categorias lógicas: objetivos e prioridades; estratégias e possibilidades; meios; requisitos; normas de conduta e padrões de resposta.

Assim, entre outros fatores que interagem na dinâmica do sistema, destacam-se: as diversas políticas públicas relacionadas com a ciência e tecnologia; o modelo de desenvolvimento econômico e as demandas de bens e serviços do mercado; os valores sócio-culturais dos consumidores e as atitudes sociais em relação às atividades de C&T; a disponibilidade de recursos financeiros e de conhecimentos técnico-científicos; e das relações do País e dos agentes do sistema no contexto internacional.

**Figura 1: Representação do sistema nacional de inovação**  
Objetivos, Prioridades e Demandas



*Agentes reguladores:* definem objetivos e prioridades, bem como estabelecem as normas e as condições de evolução dos processos de inovação e difusão (política econômica, políticas públicas, regime de concorrência, progresso técnico, etc)

*Mercado* (Interno e Global)

*Estado:* CCT - Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia, Ministérios e Relações Internacionais

*Agentes viabilizadores:* responsáveis pelo fornecimento dos meios e pela escolha de estratégias para promover inovações e a difusão de tecnologia (sistemas - financeiro, educacional, formação profissional - base técnico-científica, infra-estrutura de C&T, etc)

### *Sistema financeiro*

Universidades, escolas técnicas, CEFETS - Centros Federais de Educação Tecnológica, Institutos, unidades de P&D das empresas, consultoras de engenharia e prestadoras de serviços, etc

*Agentes executores:* empresas nacionais e transnacionais; públicas ou privadas ou outros usuários de conhecimentos técnico-científicos.

O Sistema Nacional de Inovação é formado pelo arranjo institucional responsável pela internalização ou apropriação de conhecimentos técnico-científicos na dinâmica econômica do País. Assim, compreende uma rede de agentes e suas relações de interdependência, considerando as dimensões técnico-científica, política, econômica e sócio-cultural, para internalizar o progresso técnico-científico, incorporando-o na produção.

O sistema de C&T (CCT- Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia, MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia, Agências de Fomento, Universidades, Institutos, Sistemas Estaduais, etc), relaciona-se com o sistema nacional de inovação como um de seus agentes viabilizadores.

Portanto, o Sistema Nacional de Inovação envolve a participação dos seguintes atores: agências governamentais, universidades, institutos de pesquisa, redes de interação entre empresas e o sistema financeiro, além de outras instituições. As especificidades históricas e sócio-culturais do País também contribuem para o entendimento das características do sistema.

A empresa é considerada como agente executor do Sistema Nacional de Inovação, seja mediante absorção de conhecimentos produzidos externamente, seja através do desenvolvimento interno. Entretanto, o seu funcionamento e evolução dependem da conectividade e das relações de interdependência entre vários agentes.

### *3. Situação atual e perspectivas do Sistema Brasileiro de Inovação*

O processo de globalização, a abertura da economia e a parceria do Brasil no MERCOSUL, determinarão um regime de concorrência comercial que exigirá crescentes melhoramentos no atual padrão de resposta das empresas brasileiras, em termos de qualidade, preço e agregação de valor aos produtos e serviços oferecidos nos mercados doméstico e internacional.

Os processos de reorganização gerencial e modernização do sistema produtivo, observados desde o início da década de 90, caracterizados pela certificação de qualidade (ISO 9000) e pela importação de bens de capital que incorporam novas tecnologias, serão rapidamente esgotados.

A balança comercial do Brasil será afetada pela capacidade das empresas em agregar valor aos seus produtos. Por outro lado, a política de regulação cambial terá efeitos cada vez mais limitados e transitórios, exigindo esforços de capacitação tecnológica para melhorar a pauta de exportações.

O aperfeiçoamento e a crescente aplicação da lei de proteção ao consumidor, com a maior conscientização quanto aos seus direitos, além da intensa vigilância do INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, e ampla divulgação dos resultados de avaliação de produtos, impõem sobre as empresas, esforços adicionais de capacitação tecnológica, inclusive para manter-se competitivas no mercado interno, determinando uma demanda crescente sobre o sistema de C&T e particularmente sobre os Institutos para prestação de serviços técnico-científicos.

Para o Sistema Nacional de Inovação, as implicações das relações externas serão fortemente influenciadas pelo processo de globalização e calibradas pela política econômica e de comércio exterior. Neste processo, as empresas transnacionais, a partir da abertura da economia, juntamente com a intensificação das relações comerciais do Brasil com os países parceiros, aumentarão a competição no âmbito do mercado interno, o que também exigirá mais esforços de capacitação tecnológica. Portanto, as normas que regularão o padrão de resposta das empresas, em termos de inovação e estratégias de competição com relação à dimensão tecnológica, serão fortemente determinadas por esses condicionantes.

Objetivos e prioridades terão que ser redefinidos em função desses fatores e da capacidade do sistema de C&T, na busca seletiva de novas oportunidades e de vantagens competitivas para a economia brasileira. A melhoria das condições de competitividade da

maioria dos setores passará pela inserção da dimensão tecnológica nas estratégias de competição das empresas. Essas possibilidades serão determinadas pelas limitações da base técnico-científica brasileira, tanto em termos de seu perfil de competências, historicamente formado sem acoplamento com as necessidades econômicas e sociais do País, quanto pela sua dimensão global, distribuição nos diferentes setores/áreas do conhecimento e tamanho médio dos grupos de pesquisa atualmente existentes (ver Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq). A questão do orçamento de C&T também precisará ser referida a esta capacidade, inclusive contextualizando-a para efeitos de comparações internacionais.

Será preciso realizar um esforço de prospecção para definir tecnologias-chaves para o País, e manter um processo permanente de monitoramento, tanto para explorar novas oportunidades, quanto para atender aos requisitos atuais de capacitação tecnológica das empresas.

Os instrumentos de crédito e incentivos existentes para capacitação tecnológica precisarão ser aperfeiçoados, incluindo a intensificação dos investimentos de risco. A aplicação integrada dos atuais instrumentos de fomento poderá torná-los mais atrativos às empresas e induzir mais investimentos privados, mediante realização de projetos cooperativos com universidades e institutos.

O Sistema Educacional do País apresenta também muitas limitações em todos os níveis de formação. A incorporação de profissionais de nível superior, melhor qualificados nas empresas, será fator de alta importância para viabilizar a difusão de tecnologia e a introdução de inovações tecnológicas. A capacidade inovativa das empresas depende fortemente da incorporação de técnicos, engenheiros e administradores qualificados nos seus quadros, além da educação básica dos trabalhadores.

A maioria dos institutos de pesquisa tecnológica do País não está capacitada para atender aos requisitos e às demandas de serviços técnico-científicos das empresas (ver relatórios dos seminários nacionais e internacionais recentemente promovidos pela ABIPTI - Associação Brasileira das Entidades de Pesquisa Tecnológica). Em todo o mundo, verifica-se um enorme esforço de readaptação dos institutos, enquanto no Brasil, isto foi iniciado de forma ainda muito tímida.

No regime anterior de alta instabilidade e proteção da economia, eventuais esforços de capacitação tecnológica resultariam neutralizados por outras possibilidades de ganhos econômicos e pela proteção do mercado interno contra a concorrência externa. No quadro atual, o Governo Federal está fortemente comprometido com o plano de estabilização da economia e com a inserção competitiva do País na economia internacional. Assim, as necessidades de inovação e de difusão de tecnologia se intensificam. Entretanto, os investimentos privados em C&T ainda são insuficientes para atender a esses requisitos.

Não há estatísticas precisas sobre os investimentos privados em C&T. Os esforços realizados para obter indicadores confiáveis no âmbito das empresas têm sido prejudicados pela falta de entendimento dos conceitos básicos relacionados com as atividades de C&T. Entretanto, estima-se que os investimentos situem-se atualmente em torno de 15% das despesas globais de C&T do País (estimadas em cerca de 1% do PIB ou aproximadamente R\$ 7 bilhões por ano).

Reformas profundas no ensino de engenharia e no sistema de educação tecnológica parecem essenciais, pois estes profissionais têm a desempenhar o importante papel de aproveitamento do progresso técnico-científico na produção, inclusive os avanços obtidos no exterior. Praticamente todos os países desenvolvidos, incluindo Japão e EUA, estão engajados nessas reformas.

Há uma importante defasagem quanto à educação técnica e, no nível secundário, em relação a outros países. O total de matrículas representa somente 40% das necessidades, bem abaixo da média dos países com economias comparáveis a do Brasil. O baixo nível de educação básica dos trabalhadores não é compatível com os requisitos de uma sociedade tecnologicamente moderna.

Enfim, a consolidação do sistema nacional de inovação depende do fortalecimento das conexões entre todos os seus agentes. Como resultado das novas condições da economia internacional, o Brasil tem apresentado deficits significativos na balança comercial, inclusive como consequência dos esforços de modernização do setor produtivo. A importação de bens de capital mais que dobrou desde 1993. Isto se seguiu ao processo de modernização organizacional para aumentar qualidade e produtividade. Próximos passos precisam ser dados

no sentido da adoção de políticas mais seletivas de importações, bem como para melhorar as condições de competitividade pelo esforço de capacitação tecnológica.

Os processos de privatização e concessão de serviços públicos poderão desempenhar importante papel para fortalecimento do sistema de inovação mediante estabelecimento de exigências de reciprocidade e investimentos em C&T.

A nova legislação de propriedade intelectual também exercerá novos estímulos e pressões sobre as empresas, incluindo treinamento e qualificação de pessoal. Entretanto, medidas complementares precisarão ser adotadas para sua aplicação. O INPI - Instituto Nacional de Propriedade Industrial, precisa ser melhor aparelhado para responder à demanda atual e às previsíveis necessidades adicionais.

Um esforço de prospecção tecnológica precisará ser realizado para definir “tecnologias - chaves” para o País, tanto para explorar novas oportunidades quanto para atender aos requisitos atuais de capacitação tecnológica.

Os instrumentos de crédito e incentivos existentes para capacitação tecnológica serão aperfeiçoados, incluindo a intensificação dos investimentos de risco, além da aplicação coordenada e integrada dos mecanismos de fomento existentes. A descentralização de parte das atividades de fomento, mediante formação de parcerias com os sistemas estaduais, as tornará mais eficientes e viabilizará a gestão estratégica do sistema, por meio do aperfeiçoamento dos processos de acompanhamento, avaliação e controle das ações de C&T.

Caso o PADCT III (Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico, fase três) tenha sucesso no estímulo à realização de projetos cooperativos e na indução de reformas no sistema de C&T, aproximando os agentes do sistema, bem como quanto a coordenação e aplicação integrada dos instrumentos de fomento, produzirá importante efeito de demonstração para outros programas. A aplicação integrada dos atuais instrumentos os tornará mais atrativos às empresas e induzirá mais investimentos privados, inclusive pela realização de projetos cooperativos com universidades e institutos.

As reformas do Sistema Educacional surtirão os efeitos desejados e, com a ajuda do RHAE (Programa de Formação de Recursos Humanos em Atividades Estratégicas), intensificarão a incorporação de profissionais de nível superior melhor qualificados nas empresas, inclusive para realização de atividades de C&T. Além disso, o PRODENGE - Programa de Desenvolvimento das Engenharias, atualmente implementado por um esforço conjunto do MCT (FINEP e CNPq) e do MEC (SESU e CAPES) terá sucesso, tanto na reforma do ensino de engenharia, quanto na promoção de redes cooperativas de P&D.

Há incertezas quanto ao desempenho, tanto de agentes externos quanto internos, que poderão determinar um cenário menos promissor que este descrito até aqui. Entre estas podem ser destacadas as seguintes:

- reais possibilidades de adoção de políticas seletivas de importação, dadas as pressões externas que serão exercidas, tanto por parte dos países parceiros (MERCOSUL), quanto pelas empresas transnacionais no âmbito da OMC - Organização Mundial do Comércio;
- adesão do setor privado e da comunidade científica à política de C&T, aos projetos nacionais (PPA - Plano Plurianual) e ao Programa “Brasil em Ação”;
- dotação orçamentária e adoção de estratégias capazes de atrair mais investimentos privados em atividades de C&T;
- disposição da comunidade técnico-científica para engajar-se em temas de investigação demandados pelas empresas e quanto à sua capacidade de acompanhar o progresso técnico-científico internacional em temas críticos para o País, como por exemplo, a exploração racional da biodiversidade, inclusive dos recursos do mar;
- disposição dos estados para cumprimento de suas obrigações constitucionais com relação aos investimentos em C&T, dadas as limitações financeiras e os novos problemas assumidos como resultado do processo de descentralização;
- oportunidades de investimentos externos oferecidas por outros países;
- continuidade dos esforços e da parceria formada para promover a reforma necessária do ensino de engenharia e da educação tecnológica;
- conscientização do empresariado para realização de investimentos em C&T e formação de recursos humanos;
- efetividade da cooperação internacional, determinada pela escolha de parceiros e temas-chaves para o Brasil;

- aceitação das organizações de classe, sobretudo do sistema CONFEA -Confederação de Engenharia e Arquitetura, quanto à modernização e adaptação do processo de credenciamento profissional, que precisará ser reformado e tornar-se progressivo no sentido de estimular a educação continuada, em função da dinâmica das inovações tecnológicas, bem como para acompanhar as convenções internacionais resultantes da formação de blocos econômicos e do processo de globalização do mercado de trabalho, inclusive no âmbito do MERCOSUL;
- identificação e investimentos para criação de novas oportunidades de trabalho para substituir os empregos eliminados pela modernização tecnológica;
- contratos de concessão de serviços públicos com cláusulas de investimentos em C&T;
- aplicação adequada da lei de propriedade intelectual;
- aceitação pela burocracia das agências quanto a aplicação integrada de instrumentos de fomento, inclusive continuidade e intensificação do RHAE para reduzir custos e riscos das empresas nos projetos de C&T; e
- sucesso dos projetos cooperativos para aumentar a conectividade dos agentes do sistema de inovação, aproximando agentes financeiros, comunidade técnico-científica e empresas com capacidade inovativa.

O dispositivo de remessa de lucros via importação de tecnologia das filiais brasileiras de empresas transnacionais precisará ser revisto e condicionado a investimentos internos em C&T.

#### *4. Conclusões*

Na década de 90, os principais programas e instrumentos de fomento às atividades de C&T, tanto a fundo perdido, quanto de crédito e concessão de incentivos fiscais (Leis 8661, 8248 de informática e 8010 de isenção de importação para equipamentos de pesquisa), que foram criados ou reformulados, têm contribuído para a capacitação tecnológica das empresas e para a construção do sistema nacional de inovação. A evolução do RHAE, desde seu início em 1988, demonstra também uma tendência de crescente participação das empresas.

As limitações da base técnico-científica do País poderão ser superadas por esforços de cooperação internacional e pela busca de competências no exterior, seja pela atração de cientistas estrangeiros qualificados, seja pela realização de projetos cooperativos, envolvendo empresas e grupos de pesquisa dos institutos e universidades.

O PADCT III oferece uma excelente oportunidade para viabilizar operações desta natureza e também para exercitar a aplicação integrada dos instrumentos de fomento existentes de forma mais atrativa para os usuários (“users friendly packages”). Este Programa também apoiará a modernização do INPI e o descongestionamento de sua carteira atual, para tornar a lei de propriedade realmente efetiva.

Os esforços do BNDES, da FINEP e do SEBRAE para viabilizar investimentos de risco são essenciais para promover inovações e precisam ser ampliados.

O MEC precisará adotar medidas para a reestruturação do ensino superior, reforçando o REENGE/PRODENGE (Reengenharia do Ensino de Engenharia/ Programa de Desenvolvimento da Engenharia) e criando outros programas semelhantes.

#### *5. Referências bibliográficas*

- [1] Schumpeter J. A- “The Theory of Economic Development”, 1934, Ed Brasileira: “*Teoria do Desenvolvimento Econômico*”, Coleção Os Economistas, Abril Cultural, São Paulo, 1982
- [2] Jantsch, E. “Design For Evolution: Self Organization and Planning in the Life of Human Systems”International Library of Systems Theory and Philosophy - N.Y- 1975;
- [3] Rego P. M. “ C&T no Brasil: Políticas e Instituições” - Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo - São Paulo - 1990;
- [4] Rocha, I. “Planejamento Estratégico de C&T- “Estudos Analíticos do Setor de C&T no Brasil” - Projeto MCT/ABC/PNUD- Brasília - 1993
- [5] Rocha I - Sistema Nacional de Inovação: Cenários - Curso de Mestrado em Tecnologia do CEFET/PR- (mimeo)- Curitiba-1997;