

## *Cenários para o planejamento tecnológico*

**Prof. Bruce B. Johnson**

Coordenador do Programa de Estudos do Futuro

### INTRODUÇÃO

A tecnologia apresenta características que fazem do seu planejamento um processo distinto daquele normalmente utilizado para outras atividades. Ela é mais complexa, com maiores incertezas e indefinições e em geral lida com prazos maiores. A finalidade de planejamento tecnológico é formar a base de informação para a tomada de decisões quanto ao processo de inovação tecnológica, um processo desarticulado onde é comum haver demoras de 5 a 10 anos entre a idéia para uma inovação, a pesquisa e desenvolvimento, e o uso efetivo de uma nova tecnologia.

Para discutir a importância e forma de utilização de cenários no planejamento tecnológico, é necessário antes distinguir alguns aspectos relevantes da teoria do planejamento e do processo de inovação tecnológica.

### PLANEJAMENTO: UMA REDEFINIÇÃO

O conceito de planejamento sofreu uma alteração fundamental nos últimos 20 anos. Antes era visto como a "antecipação de decisões do que deve ser feito" (Newman, W.H. *Administrative Action The Techniques of Organization and Management*. Prentice Hall, New York, 1951: 15), conceito este em que o planejamento e a tomada de decisões são interdependentes e indistintos. Planejamento é um processo de levantamento e análise de informações e tomada de decisão antes

dos eventos ou situações que exigem a ação. Importante nesta definição de planejamento é a falta de distinção entre antecipação, planejamento e decisão.

No final da década de 60 surgiu um novo conceito de planejamento, formulado por Hazan Osbekhan, no seu trabalho "*Towards a General Theory of Planning*" (em Jantsch, E. *Perspectives of Planning*, OCDE, Paris, 1969). O autor identifica um "processo de planejamento" composto por quatro etapas distintas: a previsão, o planejamento em si, a tomada de decisão e a ação racional e criativa. Quando incorporado ao contexto de sistemas administrativos, deve-se acrescentar uma quinta etapa, a de avaliação/controle, que introduz a função cibernética de retroalimentação, seja para corrigir desvios de ação planejada, seja para o replanejamento. A relação das etapas no processo é representado graficamente na Figura 1 a seguir.

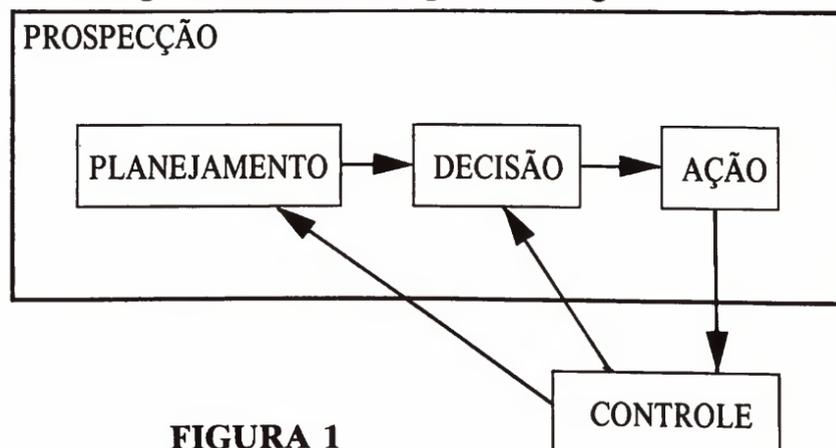


FIGURA 1

Com esta definição do processo de planejamento, torna-se necessário distinguir claramente as suas etapas. As funções que envolvem a antecipação do contexto futuro do objeto deste processo de planejamento, nos termos de Ozbekhan, constituem a “previsão”, que por motivos expostos adiante, pref designar “prospecção” Drucker escreve que administradores, preocupados com o processo de planejamento, têm suas atenções voltadas para o futuro, sobre o qual não existem informações rigorosamente confiáveis. Nosso conhecimento relaciona-se ao passado, devendo-se reconhecer que mesmo assim, temos informações e dados incompletos e freqüentemente viesados. A incerteza, a falta de dados, a ausência de estrutura e a indefinição quanto a prioridades e critérios relacionados ao contexto do futuro postulam dificuldades para o planejamento das ações, sendo mais graves quanto maior forem o horizonte do planejamento, a complexidade da questão e a turbulência do ambiente.

A etapa de planejamento envolve a indefinição, o levantamento de informações relevantes e a sua análise, visando duas finalidades. A primeira é descrever a situação desejada e especificar quando deve ser realizada esta situação. Constitui a definição de objetivos. A segunda finalidade é identificar quais os meios necessários e suficientes para alterar a situação atual, para obter-se a situação desejada. Estes meios irão se constituir em “ações racionais e criativas” que Ozbekhan descreve como resultado direto da tomada de decisão. Obviamente o resultado final será a obtenção da situação desejada. Herb Simon ressalta a importância de desenvolver conjuntos alternativos de meios, ou estratégias de ação, que permitam avalia-las e escolher o melhor. São estas as funções envolvidas na tomada de decisão.

Com estas considerações chega-se a uma definição do planejamento. Em vez de ser a mera antecipação de decisões, planejamento passa a ser um auxílio a decisão, pelo enriquecimento sistemático da base de informações. Conforme as duas finalidades citadas, o planejamento deve preocupar-se com a extrapolação das conseqüências (impactos) futuras das opções de ação e com as implicações imediatas de objetivos futuros alternativos. A primeira trata de informações para a tomada de decisão sobre o melhor curso de ação, enquanto a segunda procura questionar qual deve ser o objetivo, pela análise de alternativas normativas. As duas questões são interligadas. Planejar ações depende dos objetivos (embora esta identidade racionalista freqüentemente não se torna transparente no processo político). A fixação de objetivos também é dependente, entre outros fatores, dos recursos disponíveis para empreender ações. Desenvolver um processo de planejamento sem manter o escopo dos objetivos dentro das possibilidades de recursos disponíveis é megalomania. Gastar recursos sem relacioná-los e dimensioná-los aos objetivos é proliferação.

O relacionamento de objetivos e ações tem que ser inserido no contexto futuro. A realização do objetivo é um evento projetado para algum momento no futuro. Necessidades atuais podem alterar-se no futuro, mudando a definição da situação desejada. A incerteza da pesquisa e a complexidade da inovação tecnológi-

ca determinam que os prazos para o planejamento tecnológico sejam relativamente longos. Os alvos deste processo são móveis e erráticos. Não basta antecipar o alvo, porque na turbulência deste fim de século, o próprio alvo pode mudar. Se não examinarmos as diversas possibilidades deste contexto futuro na fixação de objetivos, poderemos alcançar esses objetivos com grande eficiência, mas com total ineficácia pelos resultados irrelevantes para um contexto que mudou. Os elementos do contexto relevantes aos objetivos para o planejamento tecnológico incluem aspectos sócio-culturais (valores sociais, estilo de vida, perfil demográfico etc.), aspectos sócio-econômicos (estrutura industrial, ciclos e conjunturas econômicas, medidas de desenvolvimento etc.), e aspectos sócio-políticos e institucionais (movimentos populares, política partidária, organização social e institucional entre outros).

A missão do planejamento tecnológico é mais difícil do que o planejamento em outras atividades porque, além das dificuldades em identificar e antecipar o alvo, em assuntos tecnológicos, as armas e as munições também são sujeitas a elevadas taxas de mudança. Novos paradigmas científicos surgem, velhas tecnologias são renovadas (supercondutividade, por exemplo), e novas tecnologias aparecem com maiores limites de desempenho a menor custo.

As funções de planejamento e tomada de decisão precisam ser fundamentadas numa análise do contexto futuro, contexto este incerto, indefinido e altamente complexo. Ozbekhan emprega o termo “previsão” para esta análise de futuro. Prefiro o termo “prospecção”. No final da Segunda Guerra Mundial surgiram várias técnicas extrapolativas na área militar, denominadas “previsão tecnológica”. A extrapolação, entretanto, é uma abordagem que analisa o comportamento passado para projetar o comportamento futuro. É útil para antecipar a mira de um alvo móvel. Não é útil quando o movimento do alvo é errático, ou quando o alvo se transfigura ou passa a ser outro. Analisar as implicações no presente de objetivos futuros alternativos requer técnicas exploratórias e normativas. A combinação destas com técnicas extrapolativas é contemplada no termo “prospecção”

PLANEJAMENTO TRADICIONAL		PLANEJAMENTO PROSPECTIVO
Curto Prazo	Prazo	Longo Prazo
Simplificação	Intuito	Explorar a Complexidade
Variáveis	Enfoque	Estruturas
Abordagem Disciplinar	Abordagens	Abordagem Interdisciplinar
Estabilidade	Premissas	Turbulência e Descontinuidade
Determinista	Características	Indicativo
Precisão de Dados	Ênfase	Criatividade e Inteligência
Cenário Único	Previsões	Cenários Alternativos

FIGURA 2

A prospecção, portanto, é uma etapa no processo de planejamento, com a função de analisar as possibilidades futuras, focalizando funções e estruturas em vez de variáveis, para tornar esta complexidade mais explícita e conhecida. Preocupa-se mais com a relevância do que com a precisão, e depende mais da criatividade interdisciplinar e inteligência do que com o rigor disciplinar. O confronto das características do planejamento tradicional com as do planejamento prospectivo, apresentado na Figura 2, é essencial na escolha da abordagem para o planejamento tecnológico. Fundamental à abordagem prospectiva é a utilização de cenários alternativos como instrumento para analisar um futuro mutável, incerto, turbulento e complexo.

A prospecção constitui uma base de especulação analítica para a etapa de planejamento, que é uma etapa de comparação e síntese para a tomada de decisão. A prospecção contribui ao processo de planejamento pela ampliação e enriquecimento da base de informações para a tomada de decisão. Sua finalidade é aperfeiçoar a decisão atual, finalidade esta que a diferença da futurologia - exercício especulativo sobre o futuro - desvinculada de qualquer finalidade objetiva no presente.



Figura 3

Feitas estas definições de planejamento, para identificar a importância de cenários, passamos agora a focalizar alguns aspectos do processo de inovação tecnológica para especificar a forma de utilizar cenários no planejamento tecnológico.

Antes, entretanto, cabe salientar outra implicação desta redefinição do planejamento. Ao separar as etapas de prospecção, planejamento (entendido como as funções de formulação, síntese e comparação de conjun-

tos alternativos e meios), tomada de decisão, ação e controle, torna-se mais fácil estruturar o processo de planejamento nas organizações. O conflito e identificação entre a função executiva e a assessoria são dissipados. A tomada de decisão e o controle são atribuições dos executivos e altos administradores. A ação é atribuição operacional enquanto a prospecção e planejamento (assim como o acompanhamento para o efeito de controle) são atribuições da assessoria. A organização do processo de planejamento deve respeitar as características funcionais distintas destas etapas. A prospecção é multi e interdisciplinar, especulativa, analítica e dependente da criatividade e inteligência. O planejamento é disciplinar (tecno-econômico), sintético, exigindo rigor metodológico e precisão de dados. As características das funções e as qualificações das pessoas necessárias para estas duas etapas são diferentes, exigindo unidades distintas na organização, e mantendo a integração do processo através de fluxos de informações bem definidos, coordenados pelo tomador de decisão.

### INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

O processo de inovação tecnológica é o objeto do planejamento tecnológico. A invenção resulta em algum dispositivo ou padrão técnico novo e original, enquanto a inovação representa uma efetiva, mas nova aplicação ou utilização de técnica em alguma necessidade ou problema. É relativamente comum encontrar inovações tecnológicas com grande impacto social que não têm como base nenhuma invenção como por exemplo, o PROÁLCOOL.

O processo de inovação tecnológica apresenta algumas características significativamente diferentes de outros processos organizacionais e técnicas. Uma diferença se refere a complexidade organizacional. A inovação tecnológica envolve várias funções, desde pesquisa científica, pesquisa aplicada, desenvolvimento, engenharia, escala piloto, serviços técnicos, testes, *scale-up*, fabricação, marketing, vendas, serviços pós-venda, assistência técnica etc. Pelas características distintas de cada função, tendem a ser desempenhadas por pessoas, grupos e organizações diferentes. A pesquisa básica é função da universidade enquanto pesquisa aplicada e serviços técnicos são típicos de instituto de pesquisa, desenvolvimento, produção, marketing etc., são típicos da empresa industrial. A idéia para a inovação pode surgir em qualquer função, elemento envolvido no processo, ou mesmo fora, como por exemplo, um cliente, ou até um consumidor. Embora conceitualmente considerado um processo, raramente é um sistema com a especificação das atribuições de cada elemento, a clara definição dos *interfaces*, com comunicação completa das informações necessárias. Sem ser um sistema, não tem coordenação organizada, com a consequência de haver várias barreiras de percepção, comunicação, alocação de recursos, transferências, organização, administração, conhecimento, motivação etc.

Apesar desta complexidade e das várias e consideráveis dificuldades, é objetivo de planejamento levar a tecnologia à sua efetiva utilização, ou seja, para ser uma inovação. O planejamento não tem um ponto determinado de início, podendo ocorrer em qualquer lu-

CARACTERÍSTICAS FASES DO PROCESSO DE INOV. TECN.	META	PRODUTO	MEIO DE COMUNICAÇÃO	HORIZONTE (TEMPO)	VALORES SOCIAIS	INSTITUIÇÕES ENVOLVIDAS
PESQUISA FUNDAMENTAL (Abstrair)	Gerar novos conhecimentos científicos sem considerar sua aplicação	Conhecimentos Científicos	Revistas Especializadas	Sem limites Pré-definidos	- Universalismo Racionalismo Elitismo	UNIVERSIDADE INSTITUIÇÃO DE P&D INDÚSTRIA COMÉRCIO
PESQUISA APLICADA (Síntese)	Gerar novos conhecimentos em função de uma necessidade existente	Conhecimentos que permitem desenvolver novos ou melhores produtos e processos	Contatos Pessoais	3 - 5 anos	Racionalismo Progresso sócio-econômico Aplicabilidade	
DESENVOLVIMENTO (Testar)	Experimentação Demonstração Funcionalidade	Projeto de novos e melhores produtos e processos	Contatos Pessoais Desenhos	2 - 3 anos	Pró-inovação Pragmatismo	
ENGENHARIA (Aperfeiçoar)	Eficiência Apoio técnico na Produção	Protótipos de Produtos e Processos Modificados e Aperfeiçoados	Especificações Desenhos Manuais	1 - 2 anos	Perfeição na Solução Técnica	
PRODUÇÃO (Fabricar)	Custo Baixo Quantidade Elevada	Produtos e Serviços	Memorando Ordens	Curto	Lucro estabilidade Sigilo Comercial	
UTILIZAÇÃO (Consumo)	Satisfação de necessidades individuais		Voto Econômico Lei da Oferta e da procura	Imediato	- Materialismo Imediatismo Aceitação pelo hábito	

**FIGURA 4**  
CARACTERÍSTICAS DAS FASES DO PROCESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

gar. Não tem seqüência fixa; para cada caso o envolvimento e ordem de participação das funções, indivíduos, grupos disciplinas e até organizações podem alterar-se. Não tem uma coordenação central. Os objetivos e finalidades de uma determinada inovação são percebidos de forma diferente por cada participante no processo. A definição dos meios técnicos de atingir o objetivo também não encontra consenso. Por trás desta situação caótica, encontram-se intuítos, valores, prazos, meios de comunicação e organizações distintas, conforme resumido na Figura 4. Não é de surpreender que, mesmo em grandes empresas multinacionais, entre 100 projetos de inovação tecnológica, apenas de dois a três são bem sucedidos, e que o prazo médio do lançamento de um produto novo no mercado é de aproximadamente de 6 anos.

Uma outra característica da inovação que dificulta o planejamento tecnológico é a indefinição e variabilidade do que constitui uma inovação. Inovações, em geral, são classificadas como produtos ou processos. Uma mudança em uma destas categorias tende a afetar

a outra. Além de produtos e processos novos, existem diferentes escalas de inovação tecnológica, desde a alteração de procedimentos, gabaritos ou padrões técnicos no processo de fabricação até as grandes "revoluções" tecnológicas como a informática ou a biotecnologia.

Um instrumento útil para melhor entender estas diferentes escalas ou tipos de inovação para o efetivo de planejamento é a hierarquia tecnológica. Baseado em trabalhos de Harvey Brooks, ex-presidente da Universidade de Harvard, a hierarquia, apresentada na Figura 5, discrimina oito níveis, sendo os quatro superiores de impacto e técnicos, os quatro inferiores. Uma inovação envolve necessariamente pelo menos um nível de impacto e um técnico, sendo que a escala maior envolve maior número de níveis. Na escala menor, de relativamente pouco impacto social, a alteração técnica dos padrões de um produto ou processo (sistema tecnológico funcional) afeta apenas a sua aplicação imediata, sem seqüelas nos níveis 6 a 8, e sem envolver alterações nos níveis 1 a 3.

8-Sociedade	N	Mudança Social
	Í	
	V	
7-Sistemas Sociais	E	Alteração de Sistemas
	I	Sociais
	S	EX: Transporte Comunicações
6-Ambientes Relevantes	D	Setores, Indústrias,
	E	Agências Governamentais
	I	
	M	
5-Aplicações	P	Problemas e Necessidades
	A	Econômicos e Sociais
	C	
	T	
	O	
4-Sistemas Tecnológicos Funcionais	N	Função Desempenhada
	Í	
	V	Interação de Módulos e
	E	Componentes
	I	
	S	
3-Módulos tecnológicos	D	Capacidades Técnicas
	E	de Subsistemas ou
		Elementos
	D	
	E	
	S	
	E	
2-Recursos tecnológicos	N	Potenciais e Parâmetros
	V	Tecnológicos
	O	
	L	
	V	
1 Recursos Científicos	I	Princípios e Teorias
	M	Científicas
	E	
	N	
	T	
	O	

No outro extremo, uma nova teoria, conhecimento ou princípio científico, como, por exemplo, a estrutura do DNA (Watson & Crick, 1957), pode resultar em novos recursos tecnológicos, dando origem a uma nova tecnologia básica, seguindo o exemplo, como a biotecnologia de DNA recambinante de Boyer & Cohen (1972). Esta nova tecnologia básica, por sua vez, será incorporada em novos módulos ou componentes tecnológicos, por exemplo, um novo microorganismo não encontrado na natureza. A alteração da bactéria E. Coli pela introdução do código genético para a produção de insulina humana continua o exemplo. Este módulo tecnológico tem que ser combinado com vários outros módulos de seleção, produção, filtragem, purificação, conservação etc., para resultar em um sistema tecnológico funcional que se aplica a uma necessidade ou pro-

blema da sociedade, como é o caso da insulina humana para artificial utilizada no tratamento de diabetes, lançado no mercado em 1981. O prazo desta inovação revolucionária foi de aproximadamente dez anos entre a idéia e o lançamento do produto no mercado. O impacto desta inovação ainda é restrito porque faltam componentes tecnológicos complementares inovativos para a sua aplicação, que por enquanto, utiliza a seringa convencional.

Tecnologias básicas tendem a apresentar um leque muito amplo de sistemas funcionais e de aplicações./ A microeletrônica, por exemplo, potencializou sistemas funcionais de processamento de informações, afetando virtualmente todas as atividades produtivas onde a automação desse processamento se torna possível.

Quanto mais revolucionária é a inovação, ou seja, quanto mais diferente as características de sua aplicação, maior o impacto sobre o sistema tecnológico funcional (produto ou processo), maior tende a ser a necessidade de desenvolvimento de novos componentes ou módulos para viabilizar o sistema funcional, e mais demorado o processo de inovação, tendo em vista a natureza desarticulada e não sistêmica do processo, especialmente quando envolve vários níveis de hierarquia. O desenvolvimento do *Concorde* a partir do avião militar supersônico, é um exemplo. Uma nova tecnologia básica que substitui apenas um componente de um sistema funcional tende a ser rápida, como foi o caso da microeletrônica que miniaturizou e integrou o CPU do computador, aproveitando compiladores, linguagens, teclados, memórias externas e *displays* existentes para desenvolver o microcomputador.

Focalizando os quatro níveis superiores da hierarquia, um produto ou processo novo pode ter várias aplicações em diversos setores e ambientes, alterando normas, padrões e a organização da sociedade, chegando a afetar seus valores, objetivos e prioridades sócio-culturais. A introdução da pólvora e do canhão foi instrumental no declínio da estrutura e dos valores da sociedade feudal na idade média. A automação industrial e a telemática certamente terão impactos importantes sobre o nacionalismo do Estado, uma peça central nas sociedades atuais.

Devido a força e potencial de impactos sociais, é necessário utilizar a hierarquia tecnológica não apenas para projetar impactos futuros de novas tecnologias básicas, mas também permitir maior controle de desenvolvimento tecnológico pela sociedade, tornando clara as várias atuais opções tecnológicas possíveis e suas implicações futuras, através de métodos exploratórios e normativos. Foi esta a intenção com o congresso americano ao fundar o OTA (*Office of Technology Assessment*). Omitir-se é deixar esta responsabilidade e poder nas mãos dos cientistas e engenheiros, e nas mãos dos empresários e detentores de capital. A tecnologia é mero instrumento que vem a ser imbuído de valores e finalidades por aqueles que a controlam.

## CENÁRIOS PARA O PLANEJAMENTO TECNOLÓGICO

Feitas as considerações sobre a natureza do processo de planejamento, a necessidade de prospecção e

características críticas do processo de inovação tecnológica, chegamos à síntese final deste trabalho em termos de considerações sobre cenários para o planejamento tecnológico.

É aparente que não existe metodologia única de cenários para o planejamento tecnológico. O planejamento tecnológico é um termo genérico demais. Para o governo esse planejamento apresenta um escopo muito amplo, incluindo os oito níveis da hierarquia, e cenários devem combinar funções extrapolativas e normativas que ampliam as informações para apoiar e subsidiar a tomada de decisão política do mais alto nível, desde a pesquisa científica básica até os valores sociais. Neste caso, os cenários subsidiam a determinação de objetivos e alocação de recursos do governo na fixação da política tecnológica do governo. Aplicou-se esta abordagem no estudo "Previsão e Análise Tecnológica do PROÁLCOOL" da STI/MIC.

Cenários alternativos, estruturados de formas diferentes, contribuem para estabelecer no planejamento tecnológico empresarial um quadro referencial sobre o contexto no longo prazo para determinar objetivos e questionar pesquisas de planejamento. A avaliação de alternativas de ação deve ser feita em termos das consequências futuras, conforme cenários alternativos. Identificar oportunidades e ameaças à empresa derivadas de mudanças de contexto é outra finalidade para a utilização de cenários, como também desenvolver sugestões para ações e soluções alternativas para determinado objetivo.

O planejamento tecnológico de uma empresa deve promover o seu plano estratégico. Com frequência, entretanto, o plano formalizado não existe. Neste caso, a área tecnológica pode realizar seu planejamento, estabelecendo cenários alternativos que representem estratégias possíveis da empresa, para estabelecer suas áreas técnicas de competência e seleção de projetos com a

necessária flexibilidade, para assegurar sua relevância na ausência de uma estratégia empresarial explícita.

A TELEBRÁS utilizou cenários alternativos desenvolvidos em conjunto com o Programa de Estudos do Futuro da USP para explorar oportunidades de negócios a partir de uma inovação de tecnologia básica, ocasionada pela digitalização de rede telefônica. Ao mesmo tempo em que se projetou produtos e serviços possibilitados por essa inovação, ou seja, o impacto da inovação em sistemas tecnológicos funcionais, desenvolveu-se cenários alternativos com base em modelos alternativos de desenvolvimento nacional para identificar necessidades sociais e econômicas, e prioridades que pudessem ser atendidas pela nova tecnologia, mas não pela tecnologia analógica atual. Esta projeção e análise normativa, com enfoque no mercado, foi muito rica para identificar segmentos com grande potencial, produtos e serviços novos, e políticas para o desenvolvimento tecnológico.

Atualmente o CENPES/PETROBRÁS desenvolve um esforço para planejar a criação de uma nova área técnica de biotecnologia, e utilizou métodos prospectivos para melhor definir as necessidades e desafios (ou seja, os objetivos tecnológicos) da produção de petróleo em águas muito profundas, assim como para identificar e avaliar estratégias tecnológicas alternativas para superá-las, também com a assessoria do PEF/USP.

Em síntese, o processo de inovação tecnológica com suas características de alto risco, incerteza, má definição e desestruturação, desarticulação dos elementos, longos prazos e identificação e avaliação de estratégias e determinação de prioridades.

A metodologia prospectiva incorporada em cenários alternativos é um instrumento poderoso, embora impreciso, que permite melhor entender os problemas, as necessidades, as prioridades, a estrutura e os pontos críticos do futuro com relação ao planejamento.