

ESTUDOS

O PLANEJAMENTO E O ORÇAMENTO DA ATIVIDADE CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA NUMA ABORDAGEM SISTÊMICA: UM ESBOÇO PRELIMINAR

Juarez Távora Veado
Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e
Qualidade Industrial- INMETRO
Ministério da Indústria e do Comércio
Rio de Janeiro, R.J.

1 - INTRODUÇÃO

As peculiaridades da atividade científica e tecnológica não são facilmente enquadráveis nos procedimentos geralmente adotados pelas práticas usuais da administração industrial, comercial ou burocrática. Em consequência, a administração da ciência e tecnologia dificilmente pode beneficiar-se da vasta experiência já adquirida pela administração daqueles setores de atividade. Ao contrário, para muitos pesquisadores, a administração clássica não apenas não ajuda à pesquisa, como traz para esta obstáculos insanáveis, de que decorrem áreas de conflito no mínimo latentes na organização científica ou técnica.

Uma primeira característica da atividade científica e tecnológica, que é a de trabalhar numa faixa que de alguma forma é fronteira de conhecimento - seja ela universal, ou apenas local -, torna inaplicáveis a maioria dos procedimentos administrativos que buscam sobretudo o estabelecimento de rotinas para reduzir — e o fazem apropriadamente - o esforço necessário para produção de um bem ou serviço.

RESUMO

Apresenta uma visão sistêmica do planejamento e orçamento da atividade científica e tecnológica, a nível global e a nível das instituições de P & D. Três parâmetros distintos podem descrever as atividades de C & T, tendo em vista seu planejamento: os objetivos, os setores de atividades e as funções de P e D. Os objetivos devem ser externos ao próprio sistema ou à instituição de P & D. O estabelecimento das funções requer algum grau de especialização dos órgãos de execução e das agências de financiamento. A metodização dessas etapas de P & D é necessária, a fim de melhorar a "saída" do sistema de C & T e assegurar melhor confiabilidade às soluções por ele apresentados aos problemas propostos. O orçamento deve atentar para estas características próprias de C & T e à hierarquização dos objetivos.

Descritores: Ciência e Tecnologia/atividade; Planejamento e Orçamento/atividades de Ciência e Tecnologia; Análise Sistêmica; Institutos de Pesquisa e Desenvolvimento.

Ora, a ciência e a tecnologia envolvem sempre maior grau de incerteza do que as atividades da indústria, do comércio e da administração pública, o que é inerente à sua própria natureza; esta é uma das primeiras razões por que requerem elas modos diferentes de administração, certamente mais flexíveis, mais dinâmicos do que os fornecidos pela administração clássica. Estes métodos vêm sendo desenvolvidos modernamente com base na concepção sistêmica da administração e têm encontrado crescente aplicação^{1,2}.

Ciência e tecnologia são ambas ocupações altamente criativas, que para serem exercidas como o requerem suas características próprias, necessitam de certa liberdade para o pesquisador e o técnico; na administração ortodoxa essa liberdade é frequentemente incabível, requerendo ajustes mútuos para evitar ou minimizar os conflitos^{3,4}.

Por outro lado, os pesquisadores não gostam de envolver-se em administração, e menos ainda de ver seu próprio trabalho tratado como objeto de estudo, passível também de uma abordagem científica, ou ao

menos, passível de uma postura científica. Esta postura seria necessária para, juntamente com alguns instrumentos gerenciais, geralmente muito simples e às vezes até corriqueiros, construir uma administração segura, como querem os burocratas, e dinâmica e flexível, como querem os pesquisadores.

As dificuldades para o pesquisador começam no instante mesmo da formulação do planejamento, e têm seus desdobramentos na elaboração do orçamento, proposição de projetos, execução, controle e avaliação dos resultados.

Propõe-se este trabalho a identificar alguns elementos que possam ser úteis na discussão do planejamento e elaboração do orçamento da atividade de ciência e tecnologia, embora expostos em caráter muito preliminar. O pano de fundo é o de um país em desenvolvimento, não sendo estes conceitos necessariamente verificáveis em uma economia avançada.

O planejamento é aqui encarado como um sistema conceitual³, constituído de representações do sistema real sobre o qual se pretende operar, e nas quais se estabelece uma hierarquização de ações visando à consecução de algum objetivo ou finalidade. É assim uma tomada de decisões em múltiplas etapas¹.

Verman e Visvesvaraya⁵ trataram o problema da normalização técnica sob uma forma sistêmica e sua descrição fornece interessantes possibilidades analíticas quando aplicada ao planejamento da ciência e tecnologia. Método semelhante ao desses autores será adotado aqui, tentando localizar os parâmetros que permitam o enquadramento do problema proposto em uma abordagem sistêmica.

Por abordagem sistêmica será compreendido que o sistema real — representado conceitualmente - é constituído de partes que interagem e que têm um objetivo final, em função do qual se descreve o próprio sistema². A abordagem sistêmica para planejamento pode também ser vista como um método logicamente consistente de reduzir grande parte de um problema complexo a um simples "output" que pode ser usado no processo decisório, juntamente com outras considerações, para chegar à melhor decisão¹.

Embora certamente conhecida do leitor, a distinção entre ciência e tecnologia deve ser mencionada, a fim de padronizar a nomenclatura que será adiante utilizada⁶.

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

Tecnologia é o conjunto ordenado de todos os conhecimentos — científicos, empíricos ou intuitivos — empregados na produção e comercialização de bens e serviços.

De um modo um pouco simplificado, pode-se dizer que a ciência ordena-se ao saber, pouco importando a validade prática imediata deste saber⁷. É claro que à "prática científica", isto é, à atividade cotidiana do cientista interessam também aspectos ambientais (valores políticos, sociais, econômicos, aspirações pessoais, etc.), mas estes são anteriores ao seu próprio trabalho. Afetam mais à escolha preliminar do campo de interesse, do tema a ser abordado, enquanto na sua prática cotidiana a prevalência absoluta é dada aos métodos, aos procedimentos analíticos e avaliação lógica e impessoal, com que uma proposição científica é validada.

A ciência básica, que busca o conhecimento por si mesmo, não é planejável⁸, pois opera ampliando a própria fronteira deste conhecimento; cabe ao pesquisador da ciência propor ele mesmo seus planos de pesquisa e deve ter liberdade para mudá-los quando achar necessário; a pesquisa aplicada é planejável, porque o objeto de seus estudos é fornecido externamente por um usuário e suas solicitações estão sujeitas a planejamento. A ciência aplicada utiliza entretanto os mesmos métodos empregados pelos que estudam a ciência básica⁸, estando sujeita a idênticos procedimentos e critérios de avaliação.

A ciência básica não será considerada neste artigo, sendo mencionada apenas eventualmente, em função da utilização dos conhecimentos que ela fornece à ciência aplicada e à tecnologia.

A tecnologia ordena-se para o fazer, possibilita a elaboração das instruções necessárias à produção de bens ou serviços. Comporta-se como um bem econômico, podendo estar sujeita a todos os tipos de transações comerciais⁶. Além de seu valor mercantil, a tecnologia tem valor estratégico, pois determina a capacidade de um País realizar de modo autônomo o tipo de produção econômica que julgar mais adequado às suas próprias condições sociais, culturais e econômicas. Convém salientar que a tecnologia tem que produzir-se no tempo apropriado, estando ligada a oportunidades de mercado, que podem não se repetir, ou podem ainda sofrer

mudanças irreversíveis, inviabilizando-a para o futuro.

Se a tecnologia é produzida através de fontes diversas - por empirismo ou por intuição — é, entretanto, digno de ser destacado que o conhecimento científico tem no mundo moderno uma enorme e ainda crescente influência sobre o desenvolvimento tecnológico. A tecnologia é cada vez mais "científica" nos seus fundamentos e métodos.

Outra definição de tecnologia entende-a como a "técnica que emprega conhecimentos científico". Uma expansão desta definição visando conseguir maior abrangência diz: um corpo de conhecimentos é uma tecnologia se, e somente se,

(i) é compatível com a ciência contemporânea e controlável pelo método científico, e

(ii) é empregado para controlar, transformar ou criar coisas ou processos, naturais ou sociais⁹.

Então, há duas posturas complementares diante do mundo físico: uma, voltada para o conhecimento dos fenômenos (ponto de vista basicamente científico), outra voltada para a utilização desses fenômenos para algum fim prático (ponto de vista tipicamente tecnológico).

A distinção tem consequências que afetam a formulação do planejamento das atividades de C & T: a atividade científica produz informações, promove e consolida o conhecimento, gera competência; a atividade tecnológica utiliza todas as informações pertinentes (científicas ou não) para que um produto, ou processo possa ser viabilizado praticamente para algum fim útil para alguém.

A ciência é supracional; já a tecnologia é uma espécie de arbitrária propriedade de uma civilização⁴.

Num organismo de pesquisa tecnológica, por exemplo, a geração de competência está em parte ligada à prática científica: os métodos experimentais, os procedimentos, os mecanismos de análise crítica são tomados por empréstimo às disciplinas científicas correspondentes. Já a atividade tecnológica busca a mobilização dessa competência para a realização de algum produto ou serviço, que vai ser utilizado praticamente por alguém. Deste modo, também aqui, o objetivo mais distante da atividade científica é o saber (ordem especulativa) e o da atividade tecnológica é o fazer (ordem prática)⁷, embora ciência e tecnologia busquem, ambas, a verdade.

2 – AS TRES DIMENSÕES DA ATIVIDADE CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

Como foi mencionado, a abordagem sistêmica para planejamento pode ser vista como um método consistente de reduzir grande parte de um problema complexo a um simples "output"¹. O sistema é representado por uma série de unidades operativas, cujos "input's" e "output's" (entradas e saídas) se articulam mutuamente representando as interações entre as partes.

Uma unidade típica é apresentada no diagrama da Figura 1, onde a caixa representa o modelo que descreve a unidade de geração³, as setas indicam respectivamente a entrada e insumos (input) da unidade e sua saída e produtos (output).

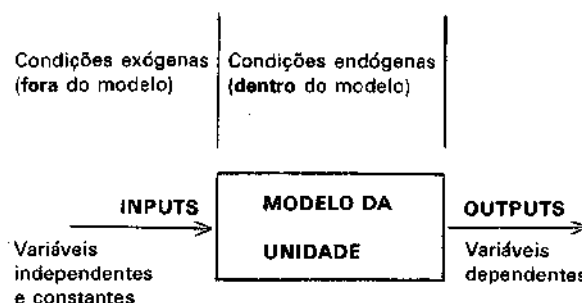


Figura 1 Representação de uma unidade de um sistema

Fonte: CHADWICK, G. A systems view of planning. Pergamon Press, 1977.

No sistema de ciência e tecnologia (C & T) a unidade de geração de conhecimento científico e produção tecnológica pode ser representada como na Figura 2, a fim de atentar para o duplo caráter da atividade de

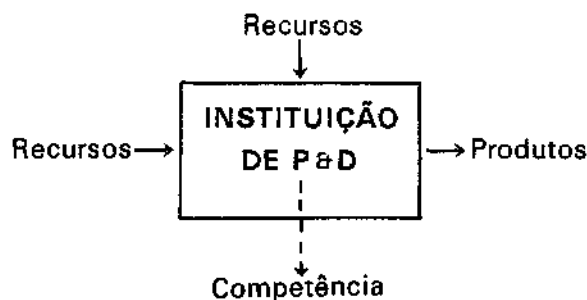


Figura 2 A instituição de pesquisa e desenvolvimento representada de modo sistêmico.

C & T: a geração de competência e a produção de informações úteis para aplicação prática. A geração de competência é indicada por uma linha vertical, enquanto o produto para uso prático é representado pela seta horizontal.

Assim, numa instituição de planejamento e desenvolvimento (P & D) a aplicação de recursos leva à produção de informações úteis (para o sistema produtivo, por exemplo) ou a geração de competência. Tal abordagem conduz na administração da pesquisa à adoção da estrutura matricial, onde os departamentos especializados responsabilizam-se pela competência, e os projetos (interdepartamentais) são os instrumentos gerenciais para obtenção de soluções para os problemas que lhes são propostos¹.

Três aspectos podem distinguir-se na atividade tecnológica, de um ponto de vista sistêmico:

« os objetivos

que são os resultados finais visados pela atividade do sistema; os objetivos são definidos "de fora para dentro", externamente à própria atividade tecnológica, uma vez que a finalidade da tecnologia é gerar conhecimentos para utilização prática de interesse do sistema produtivo, não sendo pois um produto final"⁹;

- o setor de atividade produtiva, ou seja, aquele campo especializado da atividade econômica que produz bens e serviços para a sociedade e ao qual serve a tecnologia considerada;
- as funções exercidas pelo sistema de ciência e tecnologia a fim de que o problema em tela tenha solução adequada técnica, social e economicamente.

Estes aspectos podem ser considerados de modo independente e assim é possível representá-los num espaço tridimensional, análogo ao usado por Verman e Visvesvaraya⁵ no caso da normalização técnica. A Figura 3 mostra a representação em diagrama tridimensional dos parâmetros "objetivos", "setores" e "funções".

Cada um destes parâmetros é adiante estudado separadamente, e depois discutidas as suas interações.

Um ponto importante do enfoque sistêmico é a compreensão de que as interconexões e as interações entre os componentes do sistema são frequentemente mais importantes que os próprios componentes separados¹.

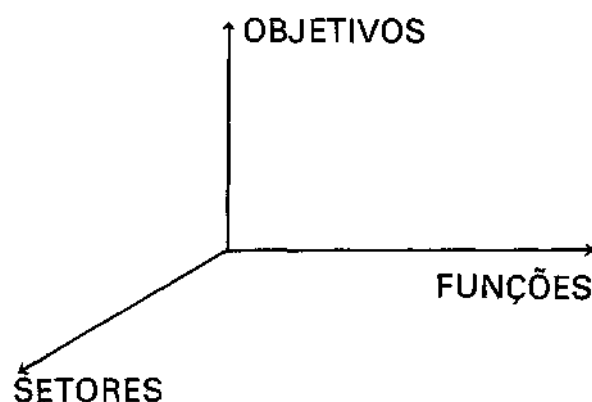


Figura 3 Representação espacial dos parâmetros que definem a atividade tecnológica

3 -OS OBJETIVOS

O destinatário do esforço de desenvolvimento tecnológico é o setor produtivo e assim o objetivo da atividade de P & D deve estar ligado às aplicações práticas que o transformarão em realidade.

O objetivo da pesquisa e desenvolvimento é o resultado que se visa diretamente produzir¹⁰. Na abordagem sistêmica, a determinação precisa dos objetivos é considerada imprescindível².

A explicitação dos objetivos é necessária para direcionar o trabalho, orientar e acompanhar as ações, bem como avaliar os resultados obtidos. Permite colocar as metas de curto alcance em sua perspectiva adequada, isto é, permite determinar quais são as metas importantes². O caso comum, entretanto, é serem mal formulados os objetivos de programas e projetos de pesquisa e desenvolvimento sob os aspectos citados. Mais frequentemente referem-se à linha de competência em detrimento da linha de produto nos próprios institutos tecnológicos.

É mesmo comum tomar como objetivo a simples manutenção dos grupos de pesquisa, a criação de áreas de trabalho, a ampliação da capacidade de realizar pesquisa, etc. Todas essas tarefas são evidentemente necessárias, mas a frequente limitação das atividades de P & D a essas ações provoca um fechamento da atividade de pesquisa sobre si mesma, sem buscar um produto que lhe seja externo e que sirva ao setor produtivo ou governamental.

A organização técnica atua visando "resolver o problema"¹¹. O "problema" advém do fato de haver

um objetivo e existirem concomitantemente obstáculos que impedem de atingi-lo³:

PROBLEMA = OBJETIVO + (OBSTÁCULO PARA ATINGIR O OBJETIVO)

A organização técnica tem por missão básica resolver os problemas de natureza tecnológica que afetam (ou podem afetar) o sistema produtivo.

A formulação do problema derivada da própria abordagem da pesquisa científica aplicada³:

Formulação do problema



Formulação de critérios que a solução do problema deve satisfazer



Modelamento do problema



Teste do modelo, face aos critérios



Derivar do modelo uma solução



Teste da solução, face aos critérios



Implementação da solução.

Quando se trata de problemas complexos, o processo deve reconhecer sua natureza particular e inclui³:

Reconhecimento e descrição do sistema



Formulação de critérios para teste do sistema



Modelamento do sistema



Teste do modelo do sistema, face aos critérios



Projetos de modelos alternativos do estado futuro do sistema



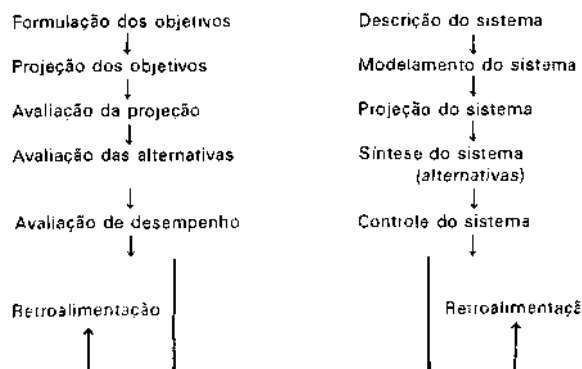
Teste do estudo futuro do sistema, face aos critérios



Controle do comportamento do sistema no sentido do estado futuro desejado

Um modelo racional de planejamento sistêmico, derivado do método científico poderia ser assim representado³:

DEFINIÇÃO DO PROBLEMA



A abordagem de um problema como o da viabilização de fontes energéticas alternativas do petróleo e derivados pode ser considerada um exemplo de definição de objetivos. O Programa Tecnológico do Etanol, em particular, busca a substituição da gasolina automotiva por álcool, obtido a partir de insumos agrícolas diversos, como a cana, mandioca, sorgo, etc.

Os esquemas já apresentados podem servir tanto para indicar a definição do problema global, como o de subsistemas com suas metas que se ordenam ao problema global.

Um outro exemplo de definição de objetivos globais orientando a formulação de um programa de desenvolvimento pode ser encontrado na siderurgia a carvão vegetal¹². O objetivo final de sustentação e racionalização da produção siderúrgica a carvão vegetal leva a estabelecer objetivos tecnológicos de melhoria dos índices técnicos e da produtividade em cada um dos estágios de produção e utilização do carvão vegetal.

Esses estágios compreendem, entre outros, a melhoria e qualificação de sementes de eucalipto, seleção massal, espaçamento entre árvores, produção do carvão, destilação de madeira, aproveitamento de subprodutos da produção de carvão, caracterização física e mecânica, utilização em alto forno, etc. Deste modo, objetivos industriais e econômicos determinam os objetivos de um programa de desenvolvimento tecnológico. Observe-se que um amplo espectro profissional é varrido na formulação dos objetivos.

O plano de maior amplitude no cenário brasileiro é o Plano Nacional de Desenvolvimento, que tem como objetivo — síntese, na sua versão III PND¹¹ — a construção de uma sociedade desenvolvida e livre,

em benefício de todos os brasileiros, no menor prazo possível". Como desdobramentos desse objetivo buscam-se o melhor equilíbrio setorial e regional da economia, a melhoria da renda das classes sociais de menor poder aquisitivo, mantendo-se o rápido crescimento da economia¹³.

Já o III Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PBDCT), que representa um desdobramento do tema Ciência e Tecnologia do III PND, tem como objetivos uma crescente capacitação científica e uma maior autonomia tecnológica para o País¹⁴. Como esses objetivos não são - neste nível de definição - operativos, é preciso ir sucessivamente tornando mais precisas as metas e produtos a serem atingidos ou obtidos, exprimindo mais diretamente a finalidade da atividade científica e tecnológica. Nesse ponto, o III PBDCT distinguiu-se dos seus predecessores por não apresentar as ações do governo sob a forma de programas, projetos e ações prioritárias bastante detalhados, como o fizeram o I e II PBDCT.

Ulteriormente numa Ação Programada, organizada setorialmente, relacionou os principais objetivos e metas a serem perseguidos.

A maior clareza na definição dos objetivos facilita enormemente a tarefa dos planejadores e executores, mesmo admitindo-se a absoluta necessidade de definições políticas mais gerais, como é o caso dos referidos planos, de nível nacional.

Os objetivos deveriam assim ter gradualmente definição mais clara e precisa, compatível com o nível hierárquico ou conceitual a qual ela se refere. A nível de uma instituição de pesquisa e desenvolvimento, o grau de conceituação ou planejamento mais amplo seria o seu programa geral de trabalho, operacionalizado através de projetos e atividades, também estes definidos por seus objetivos e produtos almejados. No sentido inverso ao citado, cada passo do plano fica justificado em função do objetivo global².

É comum alguns projetos ou atividades terem por objetivo a própria geração ou ampliação da competência (ou seja, buscam aumentar a capacidade de produzir trabalho). A instalação de laboratórios e oficinas, o treinamento de recursos humanos, a melhoria de métodos e procedimentos, a manutenção de equipamentos, etc. são alguns dos exemplos deste tipo de projetos e atividades. Estes não aumentam a produção (atual) da instituição, mas ampliam a sua capacidade potencial de fornecer seu produto ao cliente, seja ele o governo, o sistema produtivo ou a comunidade. Adiante discutiremos as questões envolvidas nesta abordagem.

Assim, como indicou a Figura 2, a aplicação de recursos a uma organização, deve produzir dois tipos de resultados: na linha de produto, devem aparecer as respostas que a instituição dá aos problemas que o cliente (governo, sistema produtivo, comunidade) propõe; na linha de competência, a capacidade da instituição é ampliada ou consolidada, através da melhoria de seus recursos humanos, dos métodos e procedimentos e da infra-estrutura.

A eficiência global de uma instituição de P & D será entretanto medida pela relação entre o valor do produto (linha horizontal da Figura 2) e os recursos que foram aplicados. Entre os recursos devem ser contados não só os diretamente aplicados para obtenção da resposta ao problema proposto, como também os utilizados na infra-estrutura, treinamento de pessoal e outros.

Toda a exposição acima na realidade encontra, para sua aplicação prática, enorme dificuldade, embora o raciocínio pareça correto e até útil. É que é extremamente difícil determinar o valor do produto da atividade tecnológica e mais complexo e inseguro ainda é estimar quanto vale ter-se à disposição (numa emergência, por exemplo) a competência técnica para solução de problemas relevantes e estratégicos.

Há evidentemente inúmeros modos de se escolher os objetivos, mas seria interessante aqui destacar dois critérios para discussão:

- o primeiro possibilita o estabelecimento de prioridades a partir de dados e elementos quantitativos ligados ao problema e lança mão da chamada "lei de Pareto";
- o segundo destaca, através da compreensão e análise qualitativa do problema, os pontos críticos e estratégicos sem cuja solução o problema permanecerá insolvido: pode não tratar-se de pontos quantitativamente significativos, mas eles são essenciais na solução do problema.

A lei de Pareto, tomada emprestado da economia, é utilizada no controle industrial da qualidade: a distribuição de frequência do número de defeitos de produção versus as causas que os produzem segue uma curva aproximadamente do tipo exponencial decrescente (Figura 4A).

Um gráfico de causas acumuladas versus a frequência de defeitos tem o aspecto da Figura 4B e permite uma conclusão de grande valor prático: 80% dos defeitos são provocados por 30% das causas. O roteiro da ação corretiva decorre imediatamente; em vez de se atuar sobre todas as causas de defeitos, procura-se agir sobre aquelas que têm maior repercussão.

Busca-se obter assim o máximo de resultado com o mínimo de esforço.

Juran¹⁵ mostrou que essa tendência não se limita aos problemas de gerência industrial e enunciou o princípio dos "poucos vitais e muitos triviais" que se aplica a inúmeros campos; alguns poucos membros de um agrupamento são responsáveis pela maior parte dos efeitos. O grosso dos membros (os muitos triviais) contribui muito pouco para o efeito total.

Um exemplo de aplicação da lei de Pareto pode ser tirado do controle da poluição: um órgão de política ambiental, mediante acordos bilaterais com meia dúzia de indústrias de maior porte visando a instalação de filtros e outros equipamentos, obteve a eliminação de 60% da poluição atmosférica por partículas sedimentares na região metropolitana de Belo Horizonte¹⁶.

Em outro caso, de um programa de apoio tecnológico à conservação de energia destaca-se o fato de 60% do consumo de óleo combustível, no Brasil, serem provenientes de cerca de 300 empresas. É sobre estas empresas, portanto, que deve ser exercido maior esforço de controle deste consumo.

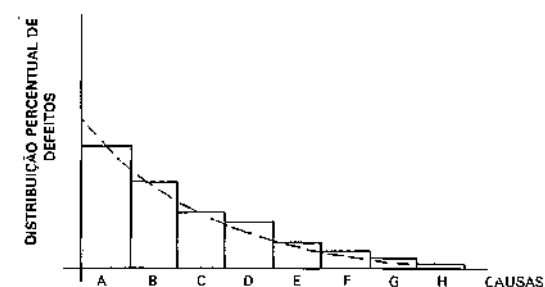


Figura 4A Representação da lei de Pareto

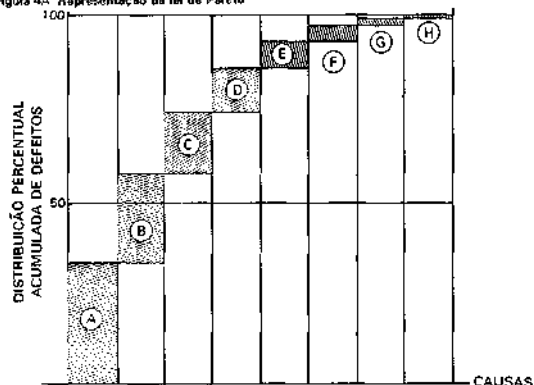


Figura 4B Distribuição acumulada das causas e defeitos.

Deste modo, a lei de Pareto fornece uma alternativa estratégica para a escolha dos objetivos dos planos e programas na área tecnológica, pela consideração da contribuição quantitativa das diversas causas dos problemas em tela. Estatísticas econômicas e dados de produção e produtividade industriais são as fontes primárias para a identificação desses problemas prioritários.

O segundo critério permite chamar a atenção para os pontos críticos de qualquer problema, que não têm repercussão quantitativa sobre a solução do problema, mas sim sobre a própria existência de solução.

Não conhecemos métodos gerais estabelecidos para localizar e identificar esses pontos críticos.

Seria necessário desenvolver algum procedimento ou instrumental analítico para ajudar o planejador na sua tarefa de identificação das prioridades.

Fluxogramas de produção e alguma reflexão sobre o estado da arte de cada estágio da produção podem ajudar a identificação dos pontos críticos. Essa análise pode ser extremamente trabalhosa pois seria preciso descer a detalhes, eis que nestes pode esconder-se algum aspecto importante, não evidente em outra escala de observação.

A nível global, a lei de Pareto não parece oferecer aqui qualquer contribuição. É preciso conhecer e compreender como operam os diversos sistemas e subsistemas industriais e suas articulações com outros tantos sistemas e subsistemas das atividades econômicas.

A identificação destes pontos pode ser feita através da participação de especialistas com ampla experiência na área em consideração; também pode ser de utilidade a reflexão sobre estes problemas com cientistas e pesquisadores, em conjunto com homens de empresa.

O acompanhamento da evolução tecnológica - e mesmo do progresso científico - é essencial para a escolha de prioridades. Algumas tecnologias que vêm merecendo grande esforço e investimentos nos países avançados são indicações de tendências que determinarão os pontos críticos para o desenvolvimento tecnológico industrial futuro: miniaturização de componentes eletrônicos, desenvolvimento de "software" de controle de processos, técnicas de microfundição, técnicas de produção de filmes em superfícies, desenho e projeto ajudado por computador, sistemas de controle, automação, técnicas de gerenciamento da qualidade industrial, biotecnologia, etc.

Uma análise e reflexão de cada problema são necessárias para que se localizem os pontos críticos e este é uma das maiores dificuldades do planejamento, envolvendo muita incerteza e risco. Ao contrário dos casos onde a lei de Pareto possa encontrar alguma valia, aqui os argumentos não se apresentam com a clareza que os números daquela lei podem evidenciar.

As entidades de pesquisa devem habituar-se a se abrirem para o debate com especialistas, como forma de identificação desses problemas. Estes especialistas podem participar de seu trabalho de forma esporádica e "ad-hoc", ou como consultores permanentes.

É ainda necessário estabelecer alguns canais de comunicação permanentes com o setor industrial, a fim de conhecer sua realidade e anseios. O estreito contato com estes setores é fundamental para a fixação dos objetivos, uma vez que o setor produtivo é o usuário e destinatário daquilo que a instituição de pesquisa pretende oferecer.

4 - OS SETORES DE ATIVIDADE ECONÓMICA

Para os economistas, "setor" da sociedade é o conjunto de todos os subsistemas da sociedade que exercem as mesmas funções⁹.

Diversas são as classificações propostas para os setores de atividade econômica, desde as mais gerais, como a que estabelece os setores primários, secundário e terciário, até as classificações mais detalhadas adotadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) ou pelo Conselho de Desenvolvimento Industrial (CDI).

É pelos setores de atividades que a maioria dos planos habitualmente se organiza. O próprio III PBDCT tem suas diretrizes dispostas por setores: energia, agropecuária, educação e cultura, saúde e nutrição, assistência social, habitação e saneamento, indústria, mineração, transportes e comunicações, além de enfoques e temas especiais, como desenvolvimento urbano, meio ambiente e recursos naturais, meteorologia e climatologia, recursos do mar e atividades espaciais¹⁴.

No que toca à indústria, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDE) considera os seguintes setores:

— indústria de bens de capital, compreendendo máquinas e equipamentos mecânicos, máquinas e

equipamentos elétricos e eletrônicos. construção naval;

- indústria metalúrgica básica e produtos intermediários metálicos, incluindo a siderurgia e a indústria de não ferrosos;
- indústrias químicas, petroquímicas e farmacêuticas, indústria de produtos intermediários, não metálicos, de cimento, de papel e celulose;
- indústria automotiva e de seus componentes, compreendendo máquinas, tratores e implementos agrícolas e florestais, máquinas de construção ferroviária;
- indústria de bens de consumo, incluindo produtos alimentares, couros e calçados, têxtil, gráfica, móveis;
- indústria de material bélico.

Para os seus programas de cooperação técnica, a SUBIN considera treze setores: administração pública; agricultura, pesca, pecuária e desenvolvimento florestal; comunicações; desenvolvimento regional e desenvolvimento urbano; educação; energia; habitação; indústria e serviços; planejamento econômico social; previdência social; saneamento; saúde; transportes¹⁰.

Setores e subsectores são objeto de planos específicos de ação ou investimento governamental, com fixação de metas, prazos, recursos, etc. Raramente se dá neles um destaque ao respectivo desenvolvimento tecnológico, e menos ainda se menciona a pesquisa científica aplicada, eis que predomina para estes planos o modelo de importação de tecnologia. Algumas vezes faz-se alusão ao treinamento de mão-de-obra. Mas geralmente não há referências ao pessoal de desenvolvimento tecnológico ou pesquisa.

A demanda de desenvolvimento tecnológico não é evidentemente a mesma para os diferentes setores econômicos, e em países desenvolvidos diferentes frações dos investimentos e custeio, do orçamento ou vendas são dirigidas para pesquisa e desenvolvimento: empresas americanas que atuam em setores dinâmicos investem cerca de 9% de suas vendas líquidas (o mínimo ocorre na indústria química—4,4%—e o máximo na indústria espacial—25%). As indústrias do setor tradicional investem

A inserção da ciência e tecnologia autóctone no

processo de desenvolvimento econômico far-se-ia mais apropriadamente através de dotações e objetivos específicos fixados nestes planos setoriais, uma vez que são estes - e não os objetivos globais, como seria de esperar-se numa abordagem sistêmica - que expressam formalmente as prioridades nacionais (daí comumente se falar em setores prioritários e não objetivos prioritários).

A não inserção da pesquisa nesses planos transforma ciência e tecnologia em atividade setorial, autônoma mas não inserida no processo de desenvolvimento econômico e social. Assim, a pesquisa tecnológica e científica corre paralela ao desenvolvimento econômico, que é realizado independentemente pelas empresas privadas ou governamentais, sem conseguir incorporar-se ao filão principal do esforço nacional. Suas realizações não se incorporam a este esforço porque ou estão atrasadas cronologicamente ou representam duplicação onerosa (pois a tecnologia considerada mais viável já foi adquirida no exterior com menor dispêndio, a curto prazo) ou, finalmente, são uma parte menos relevante das realizações programadas. A grande dificuldade é que os problemas não são pensados com grande antecedência² e as informações não fluem eficientemente do Governo ou do sistema produtivo para o sistema de ciência e tecnologia.

As instituições de pesquisa, em consequência, passam a ocupar-se de problemas de mais lenta maturação (onde, a seu tempo provavelmente o esquema vai repetir-se) ou de problemas irrelevantes para o desenvolvimento industrial.

Dentro deste quadro, a única possibilidade sistemática de aproximação entre as instituições de pesquisa e o setor industrial é através de serviços técnicos, tais como ensaios e análises, e pequenas tarefas do tipo "trouble-shoot". Embora possam ser atividades de muita utilidade, elas não são suficientes para manter o clima de permanente desafio intelectual que as instituições de P & D necessitam para manter a sua criatividade¹¹.

Outra dificuldade decorrente de fazer-se o planejamento através de planos setoriais e não de objetivos globais é a seleção de prioridade quando as metas de planos setoriais diferentes são conflitantes.

Num exemplo simples e atual, a melhoria da produtividade na fabricação do ferro é conseguida com o uso de injeção de óleo combustível em alto

forno; este objetivo do plano setorial de siderurgia é conflitante com o objetivo de um plano de conservação de energia, que tem como uma de suas metas a substituição de derivados de petróleo. O dilema só se resolve mediante um critério ou objetivo hierarquicamente superior que quando não é explicitado, dificulta a decisão.

No planejamento por objetivos, para cada grande objetivo ou meta, são examinados seus desdobramentos nos diversos setores. A abordagem sistêmica fornece uma contribuição valiosa, pois permite distinguir metodicamente as diversas tarefas que devem ser executadas para se atingirem os objetivos principais e em seguida aloca estas tarefas aos setores que devem executá-las.

Isto é passível de ser feito em todos os níveis. Dentro de uma mesma organização, tal colocação é a base da chamada estrutura matricial¹ que combina a organização por departamento ou setores com a organização por projetos.

Na administração pública, algumas vezes por empecilhos formais (por exemplo, a definição formal de responsabilidades), há dificuldade ou mesmo perplexidade diante de um trabalho que se proponha com ordenação matricial. Este é talvez o principal obstáculo à formulação sistêmica dos problemas.

Outra razão de preferência pelo planejamento por setores decorre de serem eles permanentes, enquanto os objetivos são mutáveis (e mais dinâmicas as ações que decorrem dessa formulação). Planejar por setores dá mais segurança às instituições e pessoas, criando uma expectativa mais favorável à demanda formulada (mas a organização é mais estática),

Há que reconhecer também que muitos problemas revestem-se de características tão específicas que o enfoque especializado de um setor acaba naturalmente predominando sobre a formulação global.

A Figura 5 mostra uma representação do plano dos OBJETIVOS **versus** SETORES, já referida no triângulo da Figura 3: os objetivos aí imaginados (desenvolvimento agrícola, conservação de energia, desdobrada em substituição de gasolina por etanol e em substituição de óleo combustível por carvão, sustentação da siderurgia a carvão vegetal) seriam atingidos através da atuação de setores diversos (na figura, são explicitados os setores florestal, agrícola, bens de

capital, siderúrgico e mineração). O quadro serve apenas como um exemplo figurado, dada a sua evidente simplificação.

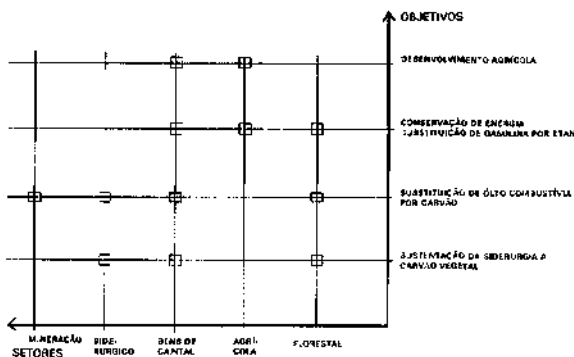


Figura 5 Exemplo (figurado) de como o planejamento por objetivos afeta as atividades setoriais.

5 - AS FUNÇÕES DO SISTEMA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Para ajudar o sistema produtivo a atingir os seus objetivos, o sistema de ciência e tecnologia tem que exercer inúmeras FUNÇÕES diversas nos métodos e objetivos. Essas funções são o terceiro eixo do triedro da Figura 3. Elas nem sempre aparecem com essa designação: no orçamento público são a "funcional programática", no Manual Frascati são "tipos de atividade", e neste sentido são designadas na metodologia de caracterização e cadastramento de entidades atuantes em ciência e tecnologia, da Secretaria de Tecnologia Industrial - (STI), do Ministério da Indústria e do Comércio (MIC)¹⁸. As seguintes funções são propostas nessa metodologia¹⁸: pesquisa científica (compreendendo pesquisa básica e pesquisa aplicada), e desenvolvimento experimental (com os casos-limites de protótipos, planta piloto e produção experimental), antes de chegar à produção industrial.

Outras funções podem ainda ser citadas⁶, como, o planejamento, o estudo de viabilidade, o projeto de engenharia básica, o projeto de detalhamento, a engenharia de construção e montagem, a assistência técnica e serviços de engenharia.

Uma lista mais completa poderia incluir: planejamento.

estudos preliminares, pesquisa básica, pesquisa aplicada, experimentação em escala de laboratório, experimentação em escala piloto, projeto conceitual, protótipo, estudo de viabilidade, projeto básico, projeto detalhado, engenharia de construção e montagem, instalação de demonstração, comercialização, cabeça-de-série, assistência técnica, serviços de engenharia, normalização.

Essas funções podem ser diferentemente reunidas em grandes grupos: pesquisa científica, pesquisa tecnológica, desenvolvimento, engenharia, produção industrial e serviços técnicos.

A sucessão dessas funções transporta a pesquisa de seu nível mais especulativo, realizada nas instituições de pesquisa, até a sua comercialização prática pelo setor produtivo.

A Figura 6 traz uma representação do plano de SETORES versus FUNÇÕES, já referido no triedro da Figura 3.

A Figura 7 representa o plano de OBJETIVOS (genericamente descritos como A, B, C, ...) versus FUNÇÕES.

A não ser pela sua contribuição nos serviços técnicos, a participação da ciência e tecnologia para o desenvolvimento só se dá efetivamente se se puder levar sua contribuição até a produção industrial. Isto significa que todos os estágios da pesquisa - científica e tecnológica — e da engenharia têm que ser cumpridos e em cada etapa, o conhecimento anterior tem que ser, de algum modo, consolidado. Nessas etapas, a participação dos serviços de informação e documentação e consultores especializados é imprescindível, proporcionando a baixo custo o conhecimento acumulado alhures, e evitando a repetição desnecessária de experiências.

A importância dessa ordenação da pesquisa visando a aplicação (indicada pela seta na Figura 7) deve ser ressaltada, porque frequentemente, a título de "queimar etapas" passa-se para estágios mais complexos de experimentação sem suficiente conhecimento de dados que deveriam ter sido obtidos em estágios anteriores. Ora, cada um desses estágios proporciona uma redução das incertezas relativas ao conhecimento dos fenômenos em tela, associada à identificação e controle dos parâmetros significativos. À medida que se caminha para a direita, na Figura 7, aumenta-se a dimensão dos equipamentos de experimentação (e, em

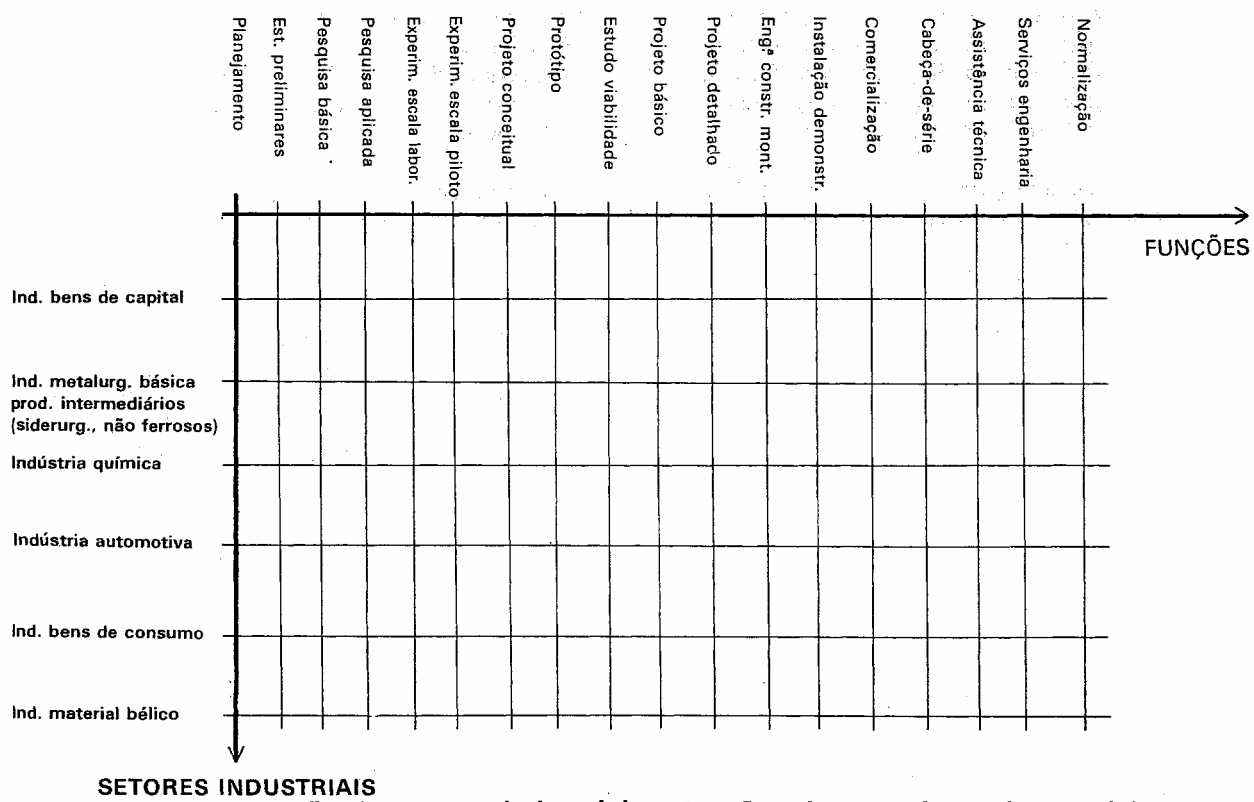


Figura 6 Representação de setores industriais e funções de pesquisa e desenvolvimento

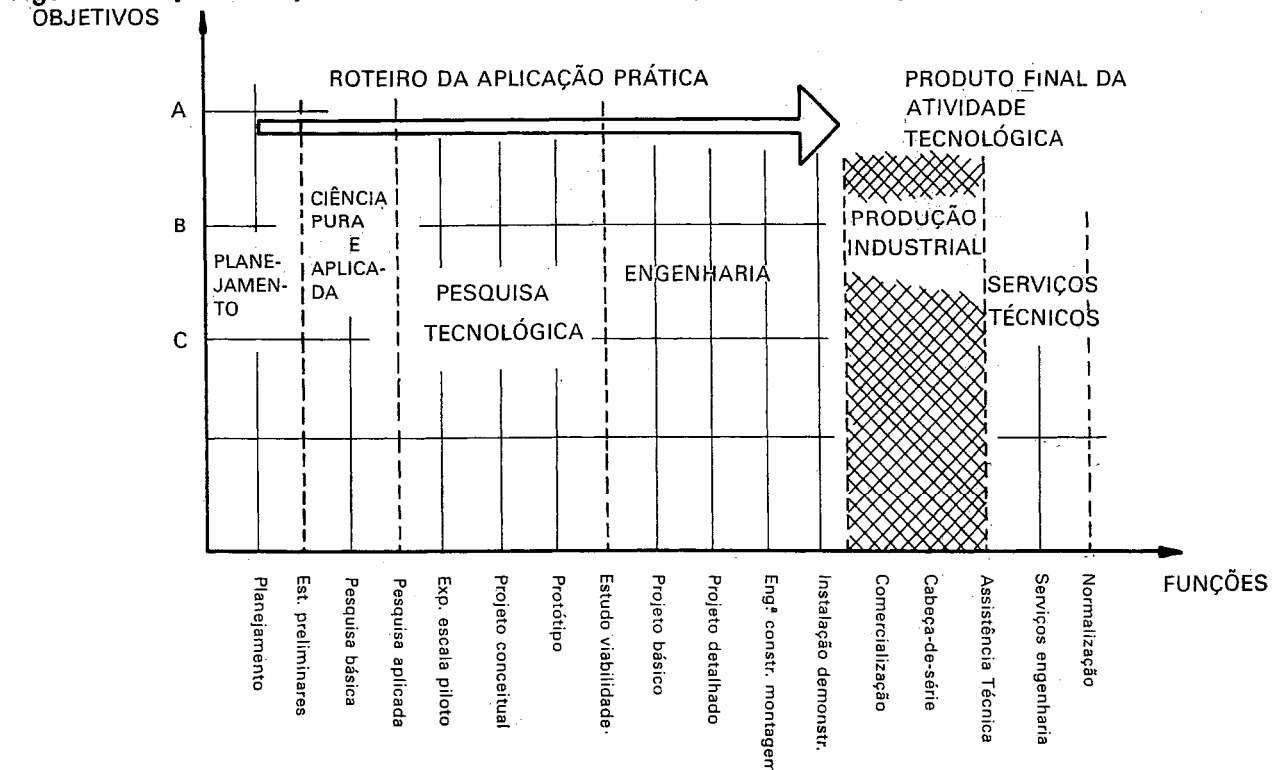


Figura 7 Representação dos Objetivos do desenvolvimento e Funções da Ciência e Tecnologia

consequência, os custos de capital e operação), crescendo a dificuldade de controle dos parâmetros que influem no fenômeno. Por isto, em cada estágio, deve-se reduzir a faixa de variação desses parâmetros, buscando-se a faixa "ótima" de operação.

Combinando-se, de alguma forma, as incertezas e os custos em cada estágio ter-se-á uma ideia dos riscos do empreendimento,* que podem ser descritos em termos de dinheiro ou de tempo, este, compreendido como o tempo necessário para se incorporar à produção industrial a solução tecnológica aventada. Conforme foi observado, este tempo tem grande importância no desenvolvimento da tecnologia, que está ligada a uma oportunidade temporal de utilização

À medida que se caminha para a direita no eixo das funções, os parâmetros técnicos e científicos vão sendo substituídos em importância por variáveis econômicas e de mercado, que passam a ter crescente influência.

Desse modo, à medida que os custos envolvidos crescem, o procedimento acima descrito possibilita reduzir os riscos, uma vez que o conhecimento acumulado nos estágios anteriores diminui as incertezas. Eis, assim, a principal vantagem de, metodicamente, passar-se da pesquisa aplicada para a tecnológica e daí para a engenharia, aumentando-se progressivamente a confiabilidade das soluções, condição essencial para sua aplicação industrial. A Figura 8 dá uma indicação dessas tendências¹⁴.

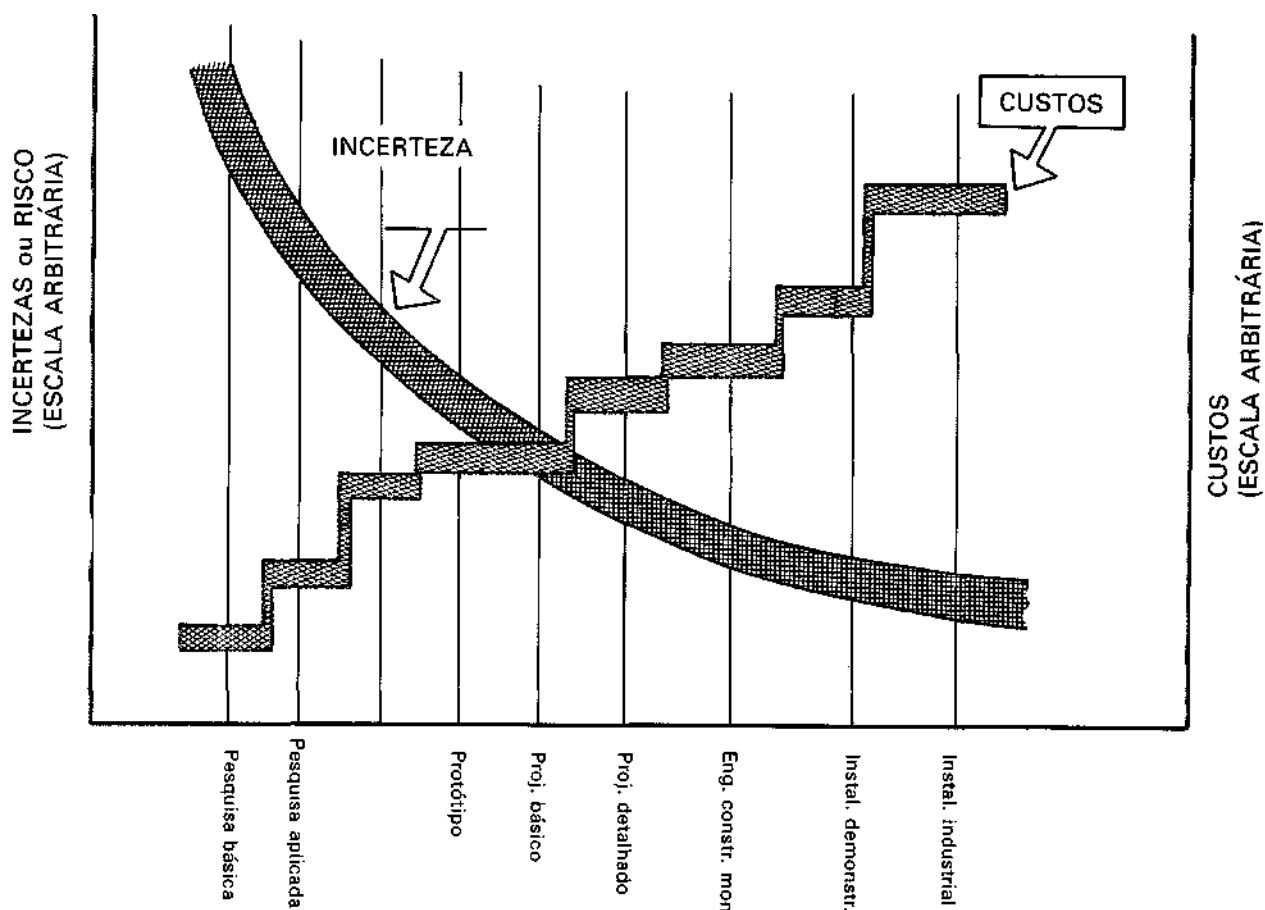


Figura 8 Representação esquemática das incertezas ou riscos e custos das várias funções da ciência e tecnologia.¹⁹

Essas considerações podem também ser úteis na análise dos problemas administrativos ligados à

* Nota: Pode-se definir RISCO, por exemplo, como o produto da "incerteza" pelo "custo".

pesquisa e desenvolvimento; por exemplo, a questão da relação ideal do número de técnicos de nível superior (TNS) para técnicos de nível médio (TNM) em uma instituição de P & D encontra aqui seu

equacionamento. Uma vez que cabe primordialmente aos TNS levantar as incertezas ligadas ao conhecimento dos fenômenos relevantes e das técnicas relativas ao problema em tela, seu predomínio ocorre nas funções à esquerda (Figura 7 ou 8). Nas funções à direita, como algumas rotinas já estarão estabelecidas, aumenta proporcionalmente o número de TNM. Deste modo, a relação de TNS/TNM deverá decrescer à medida que se caminha da pesquisa científica para o desenvolvimento tecnológico e as aplicações industriais, não sendo pois uniforme, como algumas vezes é mencionado em discussões. A relação TNS/TNM deverá variar ainda de setor para setor industrial.

As curvas também podem ser úteis para definir as taxas de administração razoáveis em cada estágio de evolução de um projeto, eis que cada etapa tem diferentes modos de gerenciamento.

Voltando à Figura 3 que trata da representação espacial da atividade tecnológica, através de três eixos (dos objetivos, dos setores industriais e das funções de P & D), podemos agora indicar como o grande objetivo da tecnologia, qual seja o de ser utilizada pelo setor produtivo, será representado naquele espaço de três dimensões.

Admitindo que o objetivo global a ser atingido possa ser desdobrado em objetivos A, B e C, que mobilizam os setores S, T e U, o volume compreendido por esses parâmetros e a função "produção industrial" representa o objetivo global almejado. É o que indica a Figura 9, onde este volume é representado por V.

Há dois instantes na vida de uma empresa em que a produtividade pode ser alterada e em ambas a tecnologia é fundamental²⁰:

a primeira é na própria escolha da tecnologia; é crucial para a saúde econômica e segurança da empresa, a relação desta tecnologia com os recursos (capital, recursos humanos, insumos energéticos, matérias primas, etc.) que possam vir a se tornar escassos, comprometendo o retorno do capital;

a segunda fase é na operação da tecnologia; nesta fase a administração deve atuar no sentido de aumentar todas as produtividades, inclusive aquelas relativas aos recursos abundantes²⁰.

Na primeira destas fases, a de definição da tecnologia, é muito importante a função do órgão normativo e de controle do fluxo de transferência de tecnologia, o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). A inserção do sistema nacional de C & T no processo produtivo depende de sua ação e das informações que o INPI pode fornecer-lhe, nos limites que permite a legislação. A interação do INPI com os órgãos executores e financiadores de P & D passa a ser um instrumento precioso para inserção de C & T no esforço de desenvolvimento, como o compreende a atual política daquele órgão.

Na segunda fase, a interação da empresa com universidades e institutos tecnológicos permite àquela beneficiar-se da competência nacional disponível; aos órgãos de C & T, a interação contribui para ir direcionando seus esforços de expansão e melhoria dessa competência no sentido das necessidades do setor produtivo.

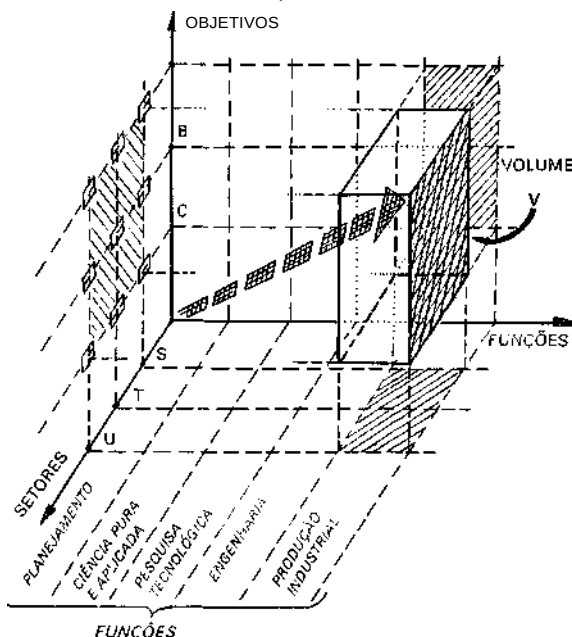


Figura 9 Representação esquemática da estratégia de utilização da C & T para consecução de OBJETIVOS (A, B, C) incorporados ao esforço produtivo industrial, com a mobilização de SETORES industriais (S, T, U). O exercício das FUNÇÕES conduz, no espaço tridimensional "Objetivos - Setores — Funções", à definição de um "volume" (V) que consubstancia o alcance dos objetivos almejados.

6-A DISTRIBUIÇÃO DE FUNÇÕES PÊLOS ÓRGÃOS DE EXECUÇÃO E PELAS AGÊNCIAS DE FINANCIAMENTO

A consideração das funções pode ajudar na definição dos papéis a serem desempenhados pelas entidades executoras da pesquisa e desenvolvimento, bem como pelas agências de financiamento.

No que se refere à execução da pesquisa e desenvolvimento, a universidade é tipicamente o lugar onde se realizam a pesquisa básica e a aplicada, e as primeiras etapas da pesquisa tecnológica^{8,12}. Os institutos de tecnologia executam pesquisa aplicada e a tecnológica, sendo naturalmente indicados para a experimentação em escala piloto; nas etapas de engenharia, também se indicam para o projeto conceitual e o básico, deixando as fases seguintes para as empresas consultoras de engenharia. A produção final cabe obviamente à própria empresa industrial.

A Figura 10 dá uma ideia dessa distribuição de funções, indicando a necessidade de articulações entre universidade - instituto tecnológico - empresa de consultoria — setor industrial. Para facilitar as articulações, algum grau de superposição de

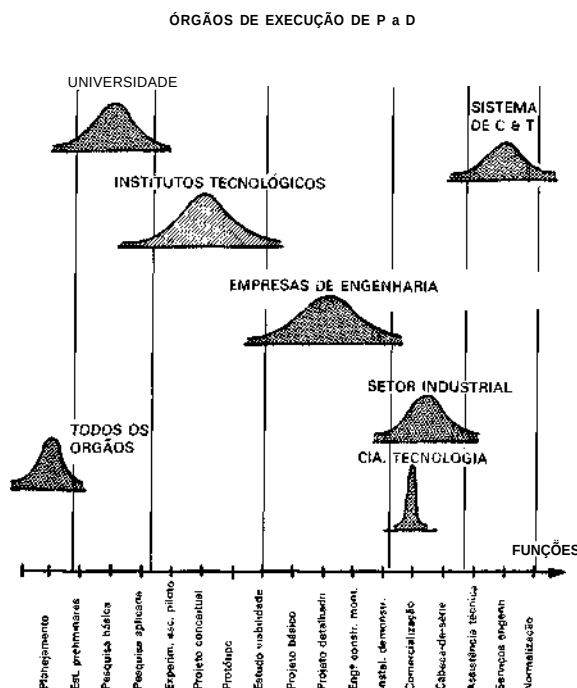


Figura 10 Distribuição das funções de ciência e tecnologia e de produção pelos órgão de execução.

competência deve existir entre as atividades de cada tipo de entidade e mecanismos e instrumentos de interação devem ser previstos (convênios de cooperação, projetos comuns de P & D, troca de informação e documentação, etc.). Cabe referência à transferência de tecnologia através de sua comercialização, que articula assim o sistema da pesquisa com o setor industrial.

Com referência às agências de financiamento, uma especialização seria desejável, como já foi aventado para o próprio sistema financeiro federal²¹; uma possível indicação de vocações destinaria ao CNPq as pesquisas de caráter fundamental e científico, inclusive por seu reflexo na formação de pesquisadores e na pós-graduação* e à STI (com seu Fundo de Amparo à Tecnologia — FUNAT) caberia o financiamento das funções de natureza aplicada e de engenharia. O financiamento das etapas finais do desenvolvimento tecnológico e a execução por parte do setor industrial deveria mais apropriadamente ser atribuído a bancos como o BNDE e o Banco do Brasil (v.g., através do FIPEC). Menos clara é uma especialização possível da FINEP, pois sendo de origem e por definição uma financiadora de estudos e projetos, seu papel de agente financeiro do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) abre-lhe praticamente todo o espectro de funções de C & T. Por esta razão, ela não é indicada na Figura 11, onde a distribuição dessas

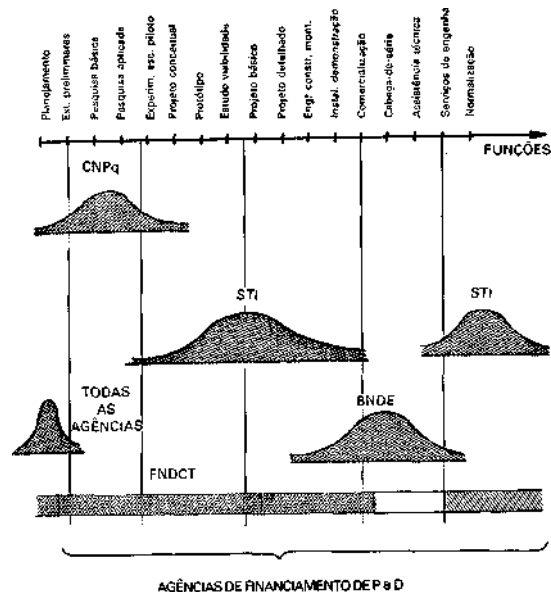


Figura 11 Especialização (possível) das agências de financiamento versus funções de ciência e tecnologia.

funções pelas agências de financiamento é esquematizada.

O que se disse anteriormente sobre a articulação entre os órgãos de execução de P & D vale também - e até com mais ênfase — para as agências de financiamento. Já a sua especialização não deve ser entretanto excessiva, desde que seus fins e funções normais são amplamente mutáveis⁸ e uma rigidez assumida prematuramente poderá afetar desfavoravelmente o desempenho do sistema de C&T.

A insegurança provocada nos órgãos executores de P & D pela descontinuidade de diretrizes dos órgãos financiadores, somada à sua própria desvinculação do esforço principal de desenvolvimento, mencionada no item 4, provoca uma atitude defensiva desses órgãos²² levando-os a diversificar inconvenientemente as suas atividades e a tentar executar funções que não são de sua índole natural. Neste quadro, não é estranho que institutos de pesquisa se dediquem a trabalhos típicos de empresas de engenharia, nem que universidades se dediquem a pesquisas tecnológicas mais adequadas a institutos tecnológicos.

Uma divisão de tarefas poderia ser assim proposta¹². Cabe à Empresa:

a. participar nas pesquisas fornecendo, como "feed-back", informações sobre os problemas que afetam o setor, bem como sobre o planejamento do setor produtivo a médio e longo prazos;

b. gerir a adaptação, ao sistema produtivo, dos desenvolvimentos oriundos da execução das pesquisas.

Cabe aos Institutos Tecnológicos:

a- realizar estudos de laboratório, de caráter rotineiro, ou de pesquisa aplicada;

b- realizar testes em pequena escala ou escala piloto, visando a obtenção de dados para o desenvolvimento de processos em escala industrial;

c- participar do desenvolvimento de metodologias e/ou processos aplicáveis ao setor produtivo;

d- servir de núcleo de aglutinação das empresas interessadas no programa de P & D;

e- manter estreito contato com as universidades em projetos de longo alcance, em escala de laboratório e de caráter fundamental, visando a consolidação e divulgação de conhecimento científico básico.

Cabe à Universidade:

a- formar pessoal devidamente qualificado para os programas de pesquisas, gerando conhecimento fundamental nas diversas áreas de atuação;

b- providenciar para que todas as áreas do conhecimento científico necessárias ao desenvolvimento do programa de pesquisas em tela estejam supridas com progressores e pesquisadores de competência;

c- manter os Institutos e Empresas constantemente supridos de conhecimento científico acumulado, através de cursos de extensão e participação dos professores no programa de pesquisas, como consultores.

Merece aqui um destaque a pós-graduação, como o instrumento estratégico da maior importância, que a universidade coloca a serviço do desenvolvimento industrial. Cabe a ela, na área tecnológica, o desenvolvimento das ciências da engenharia e ela pode - e deve — ser mobilizada para a solução de problemas tecnológicos relevantes, bem como uma fonte de inovação. Uma experiência em andamento, já com bons resultados e grandes possibilidades como modelo de aplicação mais ampla, é a da associação da Universidade Federal de Minas Gerais com empresas do setor siderúrgico, visando a formação de Mestres em Metalurgia e a consecução de pesquisas de interesse industrial (principalmente como temas de tese).

É pois essencial à abordagem sistêmica certo grau de especialização dos órgãos executores da pesquisa e desenvolvimento, mesmo que essas fronteiras não sejam muito rígidas. Uma decorrência vantajosa deste enfoque é evitar a verticalização de cada entidade, que geralmente produz o efeito indesejável de perda de eficiência, piora a qualidade do produto da P a D, além de pressionar o sistema financeiro à procura de recursos adicionais.

Um fluxo contínuo de informações, bem como de novas ideias e soluções não divorciadas do setor produtivo, deve ser mantido em direção à Empresa, e esta, por sua vez, deverá manter o fluxo inverso de dados e problemas do setor¹².

Um sistema de documentação técnica, compreendendo planos e programas de trabalho, notas técnicas, relatórios de experiência, etc., é um meio por excelência de comunicação entre os órgãos coparticipantes de um mesmo esforço e sua criação e organização deve ser articulada²³.

Sendo os programas e projetos multidisciplinares, é conveniente constituir grupos de coordenação ou gestão para seu planejamento e execução. Esses órgãos colegiados fornecem outra oportunidade para articulação sistêmica fazendo participar deles uma representação múltipla.

A importância desses órgãos colegiados é ainda maior no âmbito dos agentes financiadores. A representação de cada um deles nas comissões de outros agentes que decidem financiamento asseguraria uma rede de informações, essencial para o financiamento sistêmico da pesquisa e desenvolvimento.

7-0 ORÇAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Pelo que foi dito, o orçamento de ciência e tecnologia, a nível global, deveria também organizar-se sisternicamente a partir da definição dos objetivos maiores.

Os objetivos prioritários do País deveriam desdobrar-se em outros tantos objetivos, configurando uma hierarquia de planos e ações em setores diversos, que conteriam por sua vez a indicação do esforço de pesquisa e desenvolvimento a ser realizado. A Figura 12 fornece uma visão esquematizada deste enfoque.

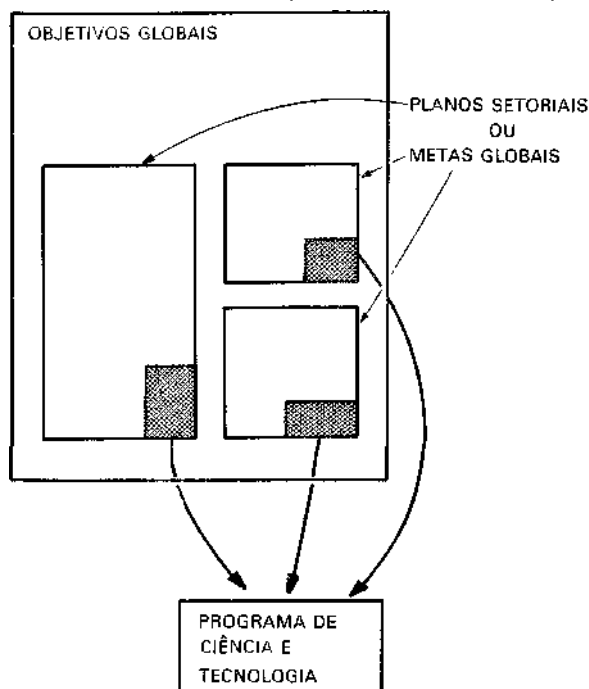


Figura 12 Hierarquização de planos e programas, a partir dos objetivos globais

É essencial que os objetivos sejam definidos de maneira operacional, de modo a constituírem missões a serem cumpridas. A etapa seguinte, que consiste em definir quanto de cada plano ou programa deverá ser executado em cada setor e quanto de P & D será realizado, encontra dificuldades deverias ordens, tais como metodológicas (diferenças profissionais de abordagem), definição de necessidades setoriais, atribuição de números e alocação de recursos, etc.

O desdobramento do objetivo global em objetivos parciais e metas permite e condiciona a passagem de planos para os programas e subprogramas e, quando as questões se acham suficientemente equacionadas, permite a definição do projeto de P & D. O projeto tem sido adotado como o instrumento gerencial pelas agências de financiamento e, tipicamente ele visa obter a solução de um problema bem definido, da maneira como se referiu no capítulo 3.

Vale abordar aqui a questão da infra-estrutura e dos recursos humanos. Já se mostrou que é inconveniente a consideração frequente da expansão da competência e da infra-estrutura e da simples manutenção de grupos como sendo objetivos do sistema. Uma vez que estes são meios — e não fins — do sistema, convém adequá-los aos objetivos e não tratá-los como independentes. Assim, parece apropriado que a expansão e melhoria da infra-estrutura sejam objeto de subprogramas e projetos dentro de programas maiores e condicionadas aos objetivos maiores destes programas.

Do mesmo modo, a formação e treinamento dos recursos humanos podem ser objeto de projetos específicos, visando complementar e ampliar a capacidade atual disponível nos setores que deverão intervir no programa. Esta abordagem permite indicar como roteiro, primeiro a análise da situação, através de um diagnóstico e, em seguida, a implementação dessas medidas, visando adequar os setores às necessidades demandadas pelos objetivos de cada programa.

A distribuição de responsabilidades executivas requer a concorrência de vários critérios independentes, como a competência técnica disponível, a localização geográfica, a competência gerencial, etc. A vantagem da abordagem sistêmica é justamente de proporcionar meios para tratar separadamente estes aspectos distintos dos problemas e das entidades participantes.

Na execução dos programas é essencial a submissão aos rigores da metodologia científica. O roteiro que

passa sucessivamente pelas funções de P & D, como se indicou nas Figuras 7 e 8 é essencial para garantir a confiabilidade das soluções. A prática tantas vezes recomendada de "queimar etapas" é freqüentemente um desastre quando se trata de ciência e tecnologia. As instituições de P & D devem operar de modo que os resultados obtidos tenham uma confiabilidade que possa ser cientificamente avaliada e para isto devem trabalhar com métodos experimentais e teóricos comprovados e procedimentos gerenciais que assegurem a boa qualidade técnica e científica do trabalho produzido. A divulgação de seus resultados, a abertura à crítica (por exemplo, através de consultores especializados, quando a difusão mais ampla deva ser impedida por cláusulas de sigilo) e a adoção de auditoria técnica interna são alguns meios que podem ser utilizados.

O orçamento deve refletir essa postura e permitir que se possa atuar nessa direção. Convém acentuar que nossas instituições não têm muita experiência nisto, de modo que pouco se sabe dos procedimentos mais adequados.

Uma primeira dificuldade é a falta (crônica) de recursos para o pré-investimento: antes de a ideia de pesquisa chegar a nível de proposição concreta, na forma de um projeto aceitável pelas agências de financiamento, muito trabalho deve ser realizado, analisado e discutido e depurado das incorreções e tudo isto toma tempo e custa dinheiro.

Tem cabimento aqui a advertência de Peter Drucker: "novas ideias são sempre "pouco práticas" e são necessárias muitas ideias tolas para encontrar uma viável. Aliás, nas etapas iniciais não há meio de distinguir a ideia tola daquela marcada pela genialidade".

Os institutos tecnológicos não têm capital de giro, de modo que têm dificuldade em vencer esta fase da pesquisa (as universidades mais facilmente a enfrentam, apesar de seus poucos recursos, pois têm um orçamento assegurado). As agências financiadoras não têm uma linha de financiamento de risco e não aceitam pagar despesas anteriores ao contrato do projeto de pesquisa.

Estabelece-se então um regime insustentável: os projetos têm custos irreais (devem assegurar uma "sobra" para um estudo futuro ou a consolidação de um estudo passado), os dados científicos que antecedem a realização do projeto tecnológico são insuficientemente consolidados.

Acresce que os procedimentos gerenciais e administrativos são insatisfatórios, como já se referiu

no capítulo 1. Um esforço em várias frentes é necessário e o orçamento organizado sistemicamente é o meio moderno e seguro de alocar recursos para atender a essas necessidades. Em vez da proliferação de pesquisas, o enfoque sistêmico fornece um plano para a pesquisa².

Há quatro grandes categorias de gastos correntes numa instituição de P & D; os do projeto, do pré-investimento do projeto, os do desenvolvimento da competência e infra-estrutura técnica e aqueles de sustentação administrativa.

a-O projeto

é o esforço mais importante da instituição e a sua finalidade máxima ("resolver o problema"); é frequentemente negociado com agências que o financiam e compreendem uma ou várias funções de P & D.

b-O pré-investimento do projeto

compreende todas as etapas que antecedem a própria definição do projeto que as agências financiam: os estudos preliminares, a pesquisa bibliográfica, a análise, discussão e seleção das ideias, as pesquisas exploratórias, testes pré-operacionais, o planejamento e preparação do próprio projeto (inclusive a elaboração dos documentos pertinentes), as negociações com as agências de financiamento. No quadro atual, a sustentação dessas atividades é feita utilizando os recursos da própria instituição, uma vez que os contratos com os agentes financiadores não retroagem para cobrir as despesas feitas anteriormente. Observe-se que, nas instituições de pesquisa, os recursos para pagamento de pessoal não estão assegurados por um orçamento de custeio, devendo ser, ao menos parcialmente, cobertos por projetos. Os gastos de pessoal representam 70-80% do total da instituição de P & D. É significativa a sustentação das equipes durante os períodos de negociação dos projetos.

c-A infra-estrutura e o desenvolvimento da competência, os grandes gastos com expansão da infra-estrutura (montagem de laboratórios e oficinas, obras, compra de equipamentos, etc.) são realizados mediante projetos específicos negociados com os agentes financeiros. Menos habitual é a proposição de projetos, com objetivos e metas definidos, para treinamento e formação de recursos humanos (durante alguns anos, o CETEC manteve um programa deste tipo, em convênio com o CNPq). Inúmeras outras despesas estão associadas a esses itens: a organização e manutenção de laboratórios (elaboração de

manuals, programas de calibração e manutenção de aparelhos, treinamento e reciclagem de operadores), desenvolvimento e padronização de métodos de análises e testes, cursos de pequena duração, participações em congressos, organização de seminários internos e todo um sem-número de atividades que constituem o dia-a-dia da instituição P & D.

d-A sustentação administrativa cobre os serviços administrativos gerais (serviços de pessoal, contabilidade, transporte, comunicações, manutenção de prédios, luz, água, telefone, material permanente e de consumo, etc.) e a alta direção da organização. Estes gastos devem ser cobertos pelo orçamento de custeio.

Assim, embora o projeto seja o ápice da organização técnica, os gastos com as outras categorias de atividade são proporcionalmente elevados e isto é inerente a esse tipo de instituição. Apesar de os projetos preverem taxas de administração, não há um conhecimento consolidado sobre estes tipos de gasto e essas taxas são fixadas artificialmente sem um critério mais sólido.

A idéia de centro de custo pode ser útil no orçamento de uma instituição de pesquisa. Os centros de custo fornecem uma medida do esforço que a instituição aplica em várias ações, sejam estas o projeto de pesquisa, a pesquisa exploratória (o pré-investimento de pesquisa), o suporte administrativo e de serviços, o treinamento de recursos humanos, a participação em congressos, a realização de seminários, a divulgação dos resultados da pesquisa, o estabelecimento da infra-estrutura, etc. Sua implantação ajuda enormemente a feitura do orçamento e a sua execução.

O orçamento assim organizado tem condições de ser instrumento valioso e realístico para a atuação da instituição de P & D e, por extensão, para todo o sistema de C & T*.

8 - CONCLUSÕES

A abordagem sistêmica fornece alguns subsídios para a formulação do planejamento e orçamento de ciência e tecnologia, a nível global e a nível das instituições de P & D, complementando o julgamento experiente e a intuição de quem toma decisões.

* Uma descrição mais completa se encontra no texto: Gestão do orçamento numa instituição de pesquisa e desenvolvimento, de autoria de Andréa Lessa S. COSTA; Edir A. EVANGELISTA; Gustavo F. CANILHA; Juarez T. VEADO; Maria Inez VIEIRA; Paulo Sérgio PASSOS²⁴.

O planejamento de ciência e tecnologia pode ser descrito a partir de três parâmetros distintos entre si: os objetivos, os setores e as funções, representáveis num triedro.

A ideia básica é de que o planejamento deve começar pela explicitação, com adequado nível de operacionalidade, dos objetivos, que são missões a cumprir. O enfoque sistêmico pensa primeiro o objetivo e vê o que é necessário para atingi-lo. O próprio sistema é descrito em função dos objetivos globais.

A ciência e tecnologia necessitam que os objetivos sejam definidos a longo prazo, mas as peculiaridades da pesquisa não impedem sua inserção no esforço de desenvolvimento. Somente a pesquisa básica deve ser colocada à margem desse planejamento, por ter características muito próprias, não enquadráveis em decisão externa centralizada.

As funções de C & T devem ser exercidas metodicamente, sendo arriscadas e frequentemente ilusórias as práticas de "queimar etapas", que levam a perdas de confiabilidade e as vezes de tempo e dinheiro.

A especialização dos órgãos executores e das agências financiadoras ajudaria a um funcionamento sistêmico da C & T e a existência de órgãos colegiados para tomada de decisão, e fluxo de informações e documentação são meios muito úteis neste mister.

O orçamento deve atentar para as diferentes categorias de despesas numa organização técnica: o projeto, o pré-investimento do projeto, a infra-estrutura e desenvolvimento da competência e a sustentação administrativa. A adoção dos centros de custo pode ser de grande utilidade para a formulação e controle da execução do orçamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 CLELAND, D. I. & KING, W. R. Análise de Sistemas e Administração de Projetos. São Paulo, Livraria Pioneira Editora, 1978.
- 2 CHURCHMAN, C. W. Introdução a Teoria dos Sistemas. Petrópolis, Editora Vozes, 1972.
- 3 CHADWICK, George. A systems view of planning. Pergamon Press, 1977.
- 4 PRICE, D. S. A Ciência desde a Babilônia. Belo Horizonte, Editora Itatiaia; São Paulo Editora da Univ. de São Paulo, 1976.

- 5 VERMAN, L. C. & VISVESVARAYA, H. C. A systems approach to standardization. ASTM Standardization News, 12/27, Feb. 1977.
- 6 LONGO, W. P. Tecnologia e Transferência de tecnologia. Informativo do INT, Rio de Janeiro, 12 (23): 4-19, set./dez., 1979.
- 7 MARITAIN, J. Art. et scolastique. Paris, Librairie de L'Art Catholique, 1920.
- 8 BUNGE, Mário. Ciência e desenvolvimento. Belo Horizonte, Itatiaia; São Paulo, Editora da Univ. de São Paulo, 1980.
- 9 BURGE, Mário, Epistemologia: Curso de Atualização. São Paulo, T. A. Queiroz/Editora da Univ. de São Paulo, 1980.
- 10 SEPLAN, Secretaria de Cooperação Económica e Técnica Internacional. Manual de Cooperação Técnica, Brasília, SUBIN, 1978.
- 11 CETEC, Centro Tecnológico (Projeto de Implantação). Belo Horizonte, 1972.
- 12 CETEC. Desenvolvimento da tecnologia de termo-redutor renovável. Programa de racionalização e sustentação da produção siderúrgica a carvão vegetal. Belo Horizonte, CETEC/FLORASA/ ACESITA julho, 1978.
- 13 BRASIL Presidência da Republica. III PND - III Plano Nacional de Desenvolvimento 1980/85. Brasília, 1979.
- 14 BRASIL Secretaria de Planejamento. III PBDCT- III Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico 1980/1985. CNPq, Brasília, 1980.
- 15 JURAN, J. M. ed. Quality Control Handbook. New York, McGraw-Hill, 1974. 3f ed.
- 16 VEADO, J. T. & VARGAS, J. I. Technological development in Minas Gerais, Brazil. In: RAMESH, J. & WEISS, C. Jr. Mobilizing technology for world development. International Inst. for Environmental and Development and the overseas Development Council. Praeger Publishers, 1979, p. 164-61.
- 17 SÁBATO, J. A. Función de las empresas en el desarrollo tecnológico. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington Organização dos Estados Americanos (OEA), 1974.
- 18 BRASIL Ministério da Indústria e do Comércio. Secretaria de Tecnologia Industrial. Entidades atuantes em ciência e tecnologia: metodologia: de caracterização e cadastramento. Brasília, STI/MIC, 1 980 (Estudo executado pela Fundação CETEC).
- 19 SIQUEIRA, João Bosco de. cf. Comunicação pessoal, 1979.
- 20 CAMPOS, Vicente Falconi. A produtividade do conhecimento científico na indústria metalúrgica. Metalurgia ABM, 36 (275): 641-45, out. 1980.
- 21 LIRA, José Ribeiro de. A especialização das agências financeiras federais. Revista do BNDE, Rio de Janeiro, p. 25-35, 1972.
- 22 CARDOSO, José Mamede. A importância do processo de avaliação e seleção de projetos para uma instituição de pesquisa e desenvolvimento. In: GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, Secret. de Cultura, Ciência e Tecnologia/ Conselho Estadual de Tecnologia. Subsídios para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico. São Paulo, 1975, p. 17-19.
- 23 VEADO, Juarez T. Sistema de documentação numa instituição de pesquisa e desenvolvimento. Fundação de Tecnologia Industrial, Nota Técnica NT-DIR. 81/01, Rio de Janeiro, janeiro de 1981.
- 24 COSTA, Andréa Lessa S. et alii. Gestão do orçamento numa instituição de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, X Simpósio Nacional de Pesquisa de Administração em Ciência e Tecnologia, PACTO-IA/FEA/USP. 21-23 out. 1985.

ABSTRACT

A systemic view of planning and budgeting of science and technology (S & T) in research and development (R & D) entities is presented at global and institutional levels. Three different parameters can describe S & T activities for planning: objectives, sectors of activities and R & D functions. The objectives should be external to the system or to the S & T institution. R & D functions need a certain grade of specialization from the technical institutions as well as from the financing agencies. A methodology to treat the sequential steps of R & D is necessary to improve the S & T system's output and to assure a better reability to the answers of proposed problems. The budget for S & T activities must consider these peculiar aspects and the act of hierarchizing the objectives.