

Universidade Estadual de Campinas - Unicamp
Departamento de Política Científica e Tecnológica - DPCT
Grupo de Estudos sobre Organização da Pesquisa e da Inovação - GEOPI

Estudos em Biotecnologia

Instrumentos de apoio à definição de políticas em biotecnologia

Sergio L. M. Salles-Filho (coord.)
Maria Beatriz M. Bonacelli
Débora Luz Mello

Apoio:
Simone Yamamura (bolsista I TI /CNPq)
Fernanda Jôlo (bolsista I TI /CNPq)

Campinas, maio de 2001

MCT/FINEP

Instrumentos de apoio à definição de políticas em biotecnologia

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	3
1. NOVAS FORMAS DE ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA E DA INOVAÇÃO	5
a) sistemas de inovação em C&T	5
b) redes de inovação como um arranjo dinâmico entre as organizações	8
c) centros e projetos cooperativos	12
2. PAPEL DO ESTADO E INSTRUMENTOS RECENTES DA POLÍTICA NACIONAL DE C&T	14
3. AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO DA BIOTECNOLOGIA	19
a) arranjos organizacionais e dinâmicas de mercado na biotecnologia	19
b) caracterização da biotecnologia no Brasil	24
c) um survey de experiências de organização de redes para o desenvolvimento da C&T	29
4. INSTRUMENTOS DE APOIO À DEFINIÇÃO DE POLÍTICAS EM BIOTECNOLOGIA	34
a) a metodologia de technology foresight	35
b) instrumentos para a operacionalização da metodologia	38
i) reuniões presenciais	38
ii) o método Delphi	39
iii) modelos multicritério	41
iv) a estruturação de plataformas tecnológicas e inovativas	44
5. IDENTIFICAÇÃO E DEFINIÇÃO DE DEMANDA, DE USUÁRIOS E DE TEMAS PARA O MONITORAMENTO DO AMBIENTE DE INOVAÇÃO E A FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS	45
<i>Tipos de demanda</i>	46
<i>Classificação de usuários</i>	46
6. INSTRUMENTOS DE APOIO À DEFINIÇÃO DE POLÍTICAS EM BIOTECNOLOGIA: SUGESTÃO DE OPERACIONALIZAÇÃO	50
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
<i>Anexo 1 – Listagem de temas</i>	56
<i>Anexo 2 – Ações da FRANCE BIOTECH</i>	58
<i>Anexo 3 – Rede ONSA (Organization for Nucleotide Sequence and Analysis)</i>	59
<i>Anexo 4 - Áreas Potenciais para o Desenvolvimento da Biotecnologia: a experiência do CamBioTec</i>	61
<i>Anexo 5 - Áreas Potenciais para o Desenvolvimento da Biotecnologia: as “Technologies-clés 2005”, do caso francês</i>	62
BIBLIOGRAFIA	63

APRESENTAÇÃO

Esse documento apresenta os resultados do projeto - Instrumentos de apoio à definição de políticas em biotecnologia, dos estudos do MCT/Finep para o desenvolvimento da biotecnologia no país. O objetivo central desse trabalho é o de subsidiar o MCT, através de elementos conceituais e metodológicos, para um aprimoramento na definição de políticas em biotecnologia.

Este subprojeto enfatiza a emergência de uma nova dinâmica do desenvolvimento da pesquisa e da inovação, que influencia fortemente as formas de definir e implementar políticas de estímulo à P&D e à produção. E isso tanto no âmbito da prospectiva, da avaliação e da definição de prioridades, assim como dos arranjos entre os diferentes atores envolvidos neste processo.

Para tanto, são discutidos os seguintes aspectos: o item 1, as novas formas de organização da pesquisa e da inovação, apresenta as principais contribuições do arcabouço conceitual baseado em sistemas de inovação, redes de inovação e projetos cooperativos. As idéias que permeiam tais discussões baseiam-se nas questões relacionadas à necessidade de se buscar novos arranjos institucionais para o desenvolvimento da pesquisa e da inovação. Um dos elementos em foco é que também no desenvolvimento da pesquisa é possível pensar em ganhos de escala e de escopo, em diminuição de riscos e de incertezas, em economia de custos de transação, na busca da capacitação onde melhor ela estiver sendo desenvolvida, entre vários outros aspectos.

O item 2 apresenta uma discussão sobre o contexto de desenvolvimento da C&T no país e, em seguida, analisa questões relativas ao papel do Estado e às principais ações recentes do governo brasileiro em relação à C&T. Nesse caso, percebe-se como, de um lado, o governo brasileiro (especialmente por meio do MCT) vem buscando implementar instrumentos mais adequados a atual configuração do sistema de inovação, enquanto que, por outro lado, há ainda várias lacunas a serem preenchidas (notadamente quanto a articulação entre os diferentes atores do processo inovativo). Contar com essas informações sobre as ações governamentais em relação ao desenvolvimento da C&T no país (e em outros países) é fundamental para discussões que subsidiem a implementação de políticas em biotecnologia.

O item 3 discute aspectos relacionados à dinâmica de evolução da biotecnologia, tanto em âmbito mais geral (como a importância dos acordos de cooperação e a formação de redes de pesquisa, assim como as diferentes dinâmicas técnico-concorrenciais dos mercados), como algumas informações sobre o “setor” de biotecnologia brasileiro, a partir do Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq. Também nesse item encontra-se um *survey* de experiências de organização de redes em biotecnologia, que procura identificar temas, formas de organização, estratégia de financiamento, composição das redes, entre outros, com vistas a apresentar um panorama das principais características da organização da biotecnologia em diferentes países, recolhendo subsídios para a definição de políticas para essa área no Brasil.

O item 4, instrumentos de apoio à decisão de política em biotecnologia, destaca as diferentes metodologias como *technology foresight*, o método Delphi, as técnicas de *forecasting*, os modelos multicritérios, a estruturação de plataformas tecnológicas e inovativas, reuniões presenciais, que podem ser empregadas em políticas de monitoramento, priorização e prospectiva. A apresentação e discussão destas diferentes metodologias, que permitem acoplar às redes uma vertente de monitoramento, pretendem reunir informações que subsidiem o MCT na organização de redes. O item seguinte dedica-se à definição de demandas, usuários e temas/tecnologias, visando um maior detalhamento de aspectos essenciais para a efetiva seleção de atores e operacionalização de redes.

Por fim, o item 6 apresenta um primeiro indicativo para a operacionalização de redes de monitoramento, prospecção e identificação de prioridades, destacando as etapas necessárias para tal, os atores a serem mobilizados e identificando os responsáveis pela efetiva implementação dos estágios de desenvolvimento. Tal proposta incorpora as novas concepções sobre organização da pesquisa e da inovação e destaca a importância do comportamento pró-ativo das instituições na identificação das tendências e na implementação de propostas derivadas da participação de atores relevantes.

Nos comentários finais destaca-se que, apesar das pequenas modificações observadas na estruturação e nas relações entre os diferentes atores na área de biotecnologia no país desde os anos 80, há uma sinalização importante de que a biotecnologia vem sendo alvo de políticas estruturantes de destaque, assim como de significativos investimentos. Também nos comentários finais são reafirmadas as ações que visam uma melhor articulação das ações de política, mantendo-se um ambiente de monitoramento ativo de tendências.

1. NOVAS FORMAS DE ORGANIZAÇÃO DA PESQUISA E DA INOVAÇÃO

As formas de organização da pesquisa e da inovação modificaram-se de maneira bastante significativa nos últimos 20 anos, necessitando de uma nova abordagem que dê conta das transformações ocorridas. E a biotecnologia é um dos principais exemplos dos novos arranjos organizacionais, como será visto adiante.

Neste contexto, a política pública deve atuar para melhorar e ampliar a qualidade, a quantidade e o acesso a elementos críticos, como a identificação de fontes de financiamento; a identificação de prioridades e oportunidades de desenvolvimento; a promoção de arranjos institucionais coletivos e a criação de instituições de apoio à inovação. Dessa forma, tornam-se essenciais a busca de economias de escala e de escopo e a coordenação de atividades de inovação tecnológica. Ser capaz de monitorar e de encontrar espaços tecnológicos comuns, assim como de coordená-los, é parte essencial da construção de vantagens competitivas.

Nos itens a seguir discutem-se os conceitos de redes e de projetos cooperativos, destacando especialmente seus papéis na identificação de atores, na promoção da interação entre estes e suas competências essenciais nas etapas do processo de inovação, na elaboração de políticas públicas, na contribuição para captação de recursos financeiros e na organização de instrumentos de apoio à inovação. Mas antes disso é necessário que alguns conceitos relativos aos sistemas de inovação sejam revistos, visto que a conformação destes sistemas fornecem as regras e os incentivos ao funcionamento do processo de inovação em C&T.

a) sistemas de inovação em C&T

O conceito de sistemas de inovação é de grande relevância pois pode, como referência institucional, contribuir para a maior integração de interesses políticos, acadêmicos e industriais na condução e regulação da pesquisa. E isto porque se a pesquisa atualmente é um fenômeno coletivo, as atividades passam a ser planejadas e avaliadas desde as suas prioridades até suas conseqüências mais gerais. Tal perspectiva exige mecanismos participativos e de coordenação não triviais, o que pode ser obtido com a adoção de uma visão de sistemas de inovação, sejam eles locais, regionais ou nacionais.

A partir dos anos 80, o conceito de sistemas de inovação passou a ter grande destaque, pois representava a possibilidade de se utilizar um arcabouço teórico-analítico para compreender as diferenças entre os contextos de desenvolvimento sócio-econômico e técnico-científico, a influência das políticas de inovação na recuperação econômica de países e regiões, bem como as diferentes formas de apoio à mudança tecnológica e à inovação.

Este conceito sofreu modificações nos últimos anos: inicialmente, os trabalhos adotavam uma visão voltada à discussão de problemas nacionais (Freeman, 1998) e focalizavam os estudos comparativos entre países, procurando identificar características que explicariam o maior sucesso da trajetória de países em relação a outros, bem como a aplicação destes resultados para a elaboração de políticas

públicas (Nelson, 1993). Atualmente, a ênfase tem sido nos estudos sobre sistemas regionais e locais de inovação, com destaque para os projetos de recuperação da capacidade produtiva de regiões (os parques e pólos tecnológicos são um exemplo). Ou seja, sistemas de inovação podem ser supra-nacionais (ver Freeman, 1995 *apud* Edquist, 1997 e o conceito de sistemas continentais), nacionais, regionais, locais e, ao mesmo tempo, podem ser setoriais (Edquist, 1997). O objetivo do estudo é que aponte o recorte a ser utilizado.¹

Pelo fato de permitir a inclusão de diferentes instituições em suas análises - organizações e instituições voltadas a P&D e ao ensino, agências de fomento, empresas e seus laboratórios cativos, entre outros -, este enfoque permite identificar as formas organizacionais mais apropriadas para a emergência e a difusão de novas tecnologias, nelas incluídas as inovações gerenciais e administrativas. Ou seja, a compreensão das condições de contorno que favorecem o processo inovativo.

Tomar como unidade de análise os sistemas de inovação – sejam eles nacionais ou regionais – destaca o aprendizado como fonte de inovações técnicas, visto que estas são moldadas por instituições e pela mudança institucional (Johnson, 1992); permite melhor compreender o conhecimento tácito envolvido nas relações entre organizações, pois as partes envolvidas partilham normas e sistemas de interpretação; permite ainda identificar a importância do sistema de educação e treinamento e das políticas fiscais e de comércio. Adicionalmente, tais estudos são úteis quando ocorrem mudanças institucionais, pois, nestes casos, é fundamental entender os mecanismos básicos que explicam a coordenação no ambiente institucional anterior para que se possa propor ajustes nestes mecanismos.

Atualmente a ênfase dos trabalhos nessa área tem sido sobre sistemas regionais e locais de inovação. Pois, se por um lado, o estudo do sistema nacional destaca a coerência das políticas compreendidas sob o ponto de vista dos ativos específicos de um país, por outro lado, percebe-se cada vez mais a necessidade de se trabalhar com uma lógica de sistemas regionais ou locais de inovação, explorando a diversidade e levando em conta processos históricos específicos e seus desenhos políticos institucionais particulares (Lastres *et al.*, 1999:59). E isto porque é essencial compreender que o conhecimento tácito pede uma coordenação complexa, que pode ser melhor realizada quando as partes envolvidas partilham normas e sistemas de interpretação (e isto ocorre no plano nacional, regional ou local, dependendo da situação envolvida), conforme destacado por Lundvall (1992).

Nos países do Mercosul alguns trabalhos vêm sendo conduzidos nos últimos anos com o objetivo de verificar os limites da aplicação dos conceitos de sistemas de

¹ C. Freeman (1987) foi, provavelmente, o primeiro a usar o termo de uma maneira explícita. Outros trabalhos de grande relevância sobre o tema foram o de Nelson (1993), que em estudo comparativo sobre 13 países, procurou avaliar a importância de determinados atores no processo de inovação e as relações destes com as políticas públicas; e os de Lundvall (1992) e de Edquist (1997, 1998) que procuraram contribuir para um refinamento de questões conceituais sobre o conceito de sistemas de inovação, apoiando-se na teoria evolucionista da mudança técnica. Os trabalhos de Michael Porter, com destaque para o livro de 1990, podem também ser compreendidos no âmbito dos sistemas de inovação, pois estão baseados numa análise de estratégia da firma, condições dos fatores e condições de demanda (Porter, 1990).

inovação para regiões caracterizadas pela alta diversidade, mas também pela instabilidade das instituições (Cassiolo e Lastres, 2000; Cassiolo e Lastres, 1999). Os principais resultados indicam a falta de uma rede de inovação conectando as diferentes instituições atuando em inovação nestes países, sendo as ligações entre firmas e fluxos de conhecimento muito tênues e os sistemas locais de inovação dificilmente caracterizados ou pouco densos.² Outra conclusão destes estudos foi a importância da existência de arranjos cooperativos locais que possam estimular os esforços inovativos, como no caso dos programas e fundações voltadas ao apoio para o estabelecimento de novas empresas. Os casos de sucesso encontrados nesses estudos ressaltam a importância das instituições de suporte à inovação (institutos de pesquisa, universidades e agências de fomento) e do envolvimento das organizações (empresas, associações de classe e outras) e do governo locais.

A consideração da estrutura institucional nestes estudos deve ser ressaltada, pois, como afirmam Dalum *et al.* (1992:311), "o conhecimento técnico não flutua/atravessa as fronteiras nacionais; é necessário tempo e dinheiro para incorporar as melhores técnicas dos líderes. Uma das razões para isto é a interdependência entre tecnologia e instituições; a tecnologia não existe por si mesma, ela está incorporada ao arranjo institucional". Desta forma, a capacidade de uma empresa não pode ser auferida apenas por seu maquinário e seus empregados; está na capacidade organizacional de transformar *inputs* em *outputs*. E esta capacidade depende das relações institucionais com fornecedores, consumidores, agências governamentais, institutos de pesquisa, ou seja, do arranjo institucional".

Adotar o conceito de sistemas de inovação permite, portanto, destacar que a atuação isolada das empresas (e, podemos afirmar, de outras organizações) é cada vez menos freqüente; elas interagem com outras organizações para ganhar, desenvolver, trocar conhecimento, informação e outros recursos. E por esta razão não faz sentido estudar uma organização isoladamente; deve-se também levar em conta que esta está sujeita às restrições do ambiente institucional (que define normas e regras de operação, entre outros). Avaliar a inserção de uma organização em determinado sistema de inovação permite um melhor conhecimento deste sistema e uma melhor compreensão das interações com outros sub-sistemas, como, por exemplo, econômico, político e outros; estudar as relações desta organização com outros atores presentes no ambiente; decidir sobre a contratualização, visto que um melhor conhecimento dos atores e dos subsistemas fornece subsídios para tanto; e, finalmente, estudar os impactos e os desdobramentos (*spin-offs* e *spill-overs*) das tecnologias geradas.

O conceito de sistemas de inovação, neste sentido, mostra pontos de convergência com os trabalhos desenvolvidos pelo autores que trabalham com a abordagem de redes e com a abordagem institucionalista, pois procura identificar as vinculações múltiplas entre a organização (inclusive as relações internas – especialmente destacadas quando se avaliam as inovações gerenciais) e seu entorno.

Em resumo, os estudos sobre sistemas de inovação fornecem as informações sobre a conformação, a dinâmica, as normas e os incentivos destes sistemas, podendo ser

² As exceções foram os sistemas de tabaco e de vinhos que contam com intenso relacionamento entre os atores, permitindo o estabelecimento de metas de qualidade e estratégias de aumento de conhecimento.

utilizados na elaboração de políticas públicas em diferentes níveis: 1. para orientar a intervenção nos casos em que inovações mudam as condições sociais de cidadãos e de regiões; 2. para orientar políticas de promoção de inovação, pois é necessário conhecer o contexto específico em que serão introduzidas; 3. nos conflitos sobre quem paga e quem se apropria de investimentos em ciência e desenvolvimento de novas tecnologias, pois permite compreender como os diferentes sistemas operam; e 4. em situações de mudança radical nas bases técnico-econômicas, pois facilita avaliar a habilidade para lidar com mudança e explorar novas oportunidades (Lundvall, 1992).

b) redes de inovação como um arranjo dinâmico entre as organizações

Se o estudo sobre sistema de inovação fornece as informações sobre a conformação e a dinâmica da inovação, as redes de inovação permitem identificar a organização de arranjos coletivos. Rede de inovação é uma abordagem metodológica e conceitual que possibilita a avaliação das características e mecanismos de uma transação específica, por meio da análise dos atores, sua posição relativa, seus interesses, poder e as operações que realizam. E, especialmente, permitem promover o aprendizado, pois exploram economias de escala e de escopo.

Redes de inovação não são algo novo; as interações entre firmas ou instituições, de forma mais ampla, ocorrem há muito tempo. No entanto, seu uso como instrumento analítico tornou-se mais freqüente durante os anos 80, pois neste período observou-se um aumento das relações de colaboração entre firmas, visando diminuir riscos e reduzir incertezas; percebeu-se a emergência de novas formas organizacionais, que destacam elementos como as ligações horizontais e laterais entre as firmas, assim como o incremento das novas tecnologias, como informática e a biotecnologia, que tornaram possível arranjos menos rígidos das estruturas organizacionais (Nohria, 1992; Gibbons *et al.*, 1994).

A abordagem de redes de inovação se mostra particularmente adequada para descrever e mapear as relações que se estabelecem entre diferentes atores durante o processo de mudança tecnológica. E isso para todos os tipos de atores – privados e públicos³. O grau de relacionamento entre atores não é dado pela proximidade geográfica, mas pela intensidade das relações e vários *softwares* possibilitam mensurar estas relações, sendo exemplos o Ucinet e o Krackplot (ver Guedes, 1999). Alguns indicadores podem ser calculados como resultado da aplicação destes programas: densidade, grau de centralidade, *betweenness*, proximidade, entre outros. Ou seja, a grande vantagem da utilização da metodologia é a sua capacidade de realizar o trabalho de "cartografia". Realizado o mapeamento da intensidade das relações entre as instituições, pode-se caracterizar as sub-redes que apontam eficiências e deficiências do sistema inovativo.⁴

As redes, que estão imersas nos sistemas de inovação, permitem avaliar as formas

³ Para as instituições públicas de pesquisa, por exemplo, este conceito é de grande importância, pois destaca o fato de que elas devem atuar em redes pois necessitam buscar convergência e compatibilização de tecnologias.

⁴ Como exemplo, para uma análise da organização da rede de genômica nos EUA, ver Dal Poz (2000).

estratégicas adotadas pelas organizações e pelos atores no processo de relacionamento. De acordo com Bell e Callon (1994), as redes permitem a avaliação das características e mecanismos de uma transação específica, por meio da análise dos atores, sua posição relativa, seus interesses e poder, e por meio das operações que realizam. Neste sentido, é essencial compreender como se estrutura o relacionamento entre os atores, visto que interessa também saber como foram estabelecidos os laços de cooperação e como se desenvolveram. Para Callon (1992a), redes são um conjunto coordenado de atores, por exemplo, laboratórios públicos, centros de pesquisa técnica, companhias, organizações financeiras, usuários e governo - que participam coletivamente na concepção, desenvolvimento, produção e distribuição ou difusão de procedimentos para produção de bens e serviços.

Numa rede também podem ser aplicados os conceitos desenvolvidos pela economia dos custos de transação, visto que as redes estão associadas a transações frequentes, com algum grau de incerteza e envolvem ativos medianamente específicos. Ou seja, constituem "formas híbridas" de governança – entre a firma e o mercado – e compatibilizam o recebimento de estímulos exógenos do mercado com a geração de estímulos endógenos de tipo administrativo (Britto, 1996). Outras características decorrentes da transação também podem ser avaliadas: a definição dos limites e das estratégias de contratualização adotadas pelas instituições que compõem uma determinada rede, a presença de ativos complementares (Teece, 1986) e o desenvolvimento de capacitações dinâmicas (Teece, Pisano e Shuen, 1992) que auxiliam no entendimento dos arranjos observados.

Ativos complementares indicam como o desenvolvimento de outros ativos, como equipamentos dedicados, área ou departamento de distribuição e de serviços (como, por exemplo, assistência pós-venda), entre outros, podem auxiliar no entendimento da disseminação de uma inovação e dos lucros auferidos (ou não) pelo inovador. Muitas vezes, o fracasso do inovador deve-se a suas dificuldades em dominar os ativos complementares, até mesmo pela desconsideração da importância dos mesmos. No entanto, considerar ativos complementares não significa necessariamente sua internalização; as estratégias podem incluir desde a integração total até a realização de contratos para o acesso a todos os ativos, incluindo todas as combinações intermediárias possíveis.

Em relação às capacitações dinâmicas, dois aspectos são enfatizados: mudanças no ambiente e o papel chave da administração estratégica em adaptar, integrar e reconfigurar capacidades organizacionais, recursos e competências funcionais - internas e externas – quando o ambiente está em mutação (Teece e Pisano, 1998). Tais vantagens têm sua origem em capacidades dinâmicas enraizadas em rotinas de alta performance que operam no interior da firma e que estão incorporadas nos processos e condicionadas pela história da firma. Tal argumento não conduz a uma proposta de se internalizar todas as atividades de P&D, seja numa firma, seja numa instituição pública de pesquisa. Ele destaca a necessidade de identificação dos fatores institucionais que influenciam o processo de inovação, assim como a possibilidade de desenvolver as capacitações necessárias para localizar as fontes de conhecimento e saber como utilizá-lo.⁵

⁵ Em estudo realizado pelo GEOPI junto às dezenove Organizações Estaduais de Pesquisa

Tais aspectos são essenciais para melhor qualificar a discussão sobre as vantagens da verticalização ou da contratualização, pois caracterizam as atividades inter-firmas, tais como *joint ventures*, acordos de co-produção, de cooperação, de distribuição cruzada e licenciamento de tecnologia. Auxiliam também a compreender, por exemplo, por que, após realizar uma inovação, a "apropriação" desta inovação pode ser realizada por outro(s) agente(s) e não pelo inovador.

As contribuições dos autores institucionalistas orientam para a elaboração de um conceito de extrema relevância: a definição dos limites e das estratégias de contratualização. As mudanças observadas no ambiente institucional nas últimas décadas, especialmente o surgimento de novas tecnologias e a diversificação de atores, trouxeram a necessidade de se avaliar os limites das organizações. Como operar nas tecnologias emergentes que demandam novos equipamentos e desenvolvimento de novas capacidades, por exemplo? Para realizar pesquisas nestas novas tecnologias, é necessário internalizar todas as fases da inovação ou deve buscar na cooperação a complementaridade de capacidades? Como cooperar estrategicamente, de forma a se fortalecer nas operações em rede? Como valorizar (e como manter) ativos específicos e ativos complementares?

A contratualização pode ser útil para orientar ações que visem aproveitar economias de escala em P&D, dividir riscos e explorar a complementaridade de ativos, visando à obtenção de economias de escopo, o que representa uma forma de atuação que destaca cada vez mais a necessidade de abandonar estratégias individualistas e enfatiza as múltiplas formas de cooperação que podem e devem ser desenvolvidas, com destaque para a atuação em redes. No entanto, não se pode esquecer que a contratualização está sujeita a comportamentos oportunistas e que, para manter relações nas quais conflitos potenciais ameaçam destruir oportunidades de ganhos mútuos, é necessário aprendizagem e desenvolvimento de rotinas.

Porém, se a teoria dos custos de transação nos fornece elementos conceituais para melhor compreender as motivações para a organização em rede, por meio de uma avaliação dos limites da organização, ou seja as vantagens de verticalizar (realizar todas as fases do processo inovativo *in-house*) ou contratualizar (realizar determinadas fases do processo de inovação em conjunto com parceiros, reconhecendo que há possibilidade de comportamento oportunista, por exemplo.), outras questões não são exploradas. Por exemplo, Britto (1996) afirma que considerar as redes como um intermediário entre a firma e o mercado traz alguns problemas: os elementos presentes nas diversas formas de governança – preços, autoridade e confiança – não são mutuamente exclusivos, podendo ser encontrados de forma combinada no mundo real; os mecanismos de controle das transações são resultantes de decisões seqüenciais idiossincráticas e não há perfeita substitubilidade entre as formas de coordenação. Um outro aspecto deve ainda ser ressaltado: a abordagem dos custos de transação não considera que o aprendizado ocorre ao longo de vários ciclos.

Agropecuária (OEPAs) no país, foi construído o Índice de Modernização Institucional que levou em conta, entre outros elementos, a capacidade da instituição em saber localizar e buscar fontes de inovação e de organizar arranjos com outras entidades, sejam públicas ou privadas. Para maiores detalhes ver Albuquerque & Salles-Filho, 1998.

A questão do aprendizado, no entanto, pela sua relevância para a compreensão destes processos, deve ser abrangida numa análise sobre redes de inovação. Baseando-se em elementos da abordagem evolucionista, notadamente sobre os conceitos de rotinas organizacionais, busca e ambiente de seleção (Nelson e Winter, 1982), as rotinas organizacionais atuam tanto na definição do formato organizacional quanto na redução do caráter particularizado das condutas dos diferentes agentes. Neste sentido, a organização pode combinar as diferentes maneiras de realizar transações mercantis, buscando a integração interna ou as múltiplas formas intermediárias de organização contratual (Britto, 1996). Ou seja, em ambientes tecnologicamente dinâmicos é necessário que as firmas ajustem seu formato organizacional ao caráter sistêmico do processo de inovação, ajustando as estruturas de coordenação de maneira a converter as competências individuais em fontes de oportunidades.

As redes representam uma resposta eficaz ao ambiente de competição e aos requisitos de complexidade e multidisciplinaridade das competências necessárias à exploração das trajetórias tecnológicas. As redes viabilizam um balanceamento entre a descentralização e a coesão, elementos imprescindíveis à geração e interpretação de informações tecnológicas e sinais competitivos (Britto, 1996). A consideração da importância dos processos de aprendizagem incentivou diversos trabalhos sobre o tema, de tal forma que uma extensa tipologia de aprendizagem foi desenvolvida nos últimos anos. Assim, encontramos *learning-by-doing*, que identifica atividades incrementando a eficiência das operações de produção (Arrow, 1962); *learning-by-using*, aumentando a eficiência no uso de sistemas complexos (Rosenberg, 1982); e *learning-by-interacting*, envolvendo usuários e produtores e resultando em inovações de produto e de processo (Lundvall, 1988).

Redes, são instrumentos úteis para a definição de políticas públicas. Segundo Callon (1992b), podem ser identificadas diferentes categorias de redes: emergentes e estabilizadas; incompletas ou encadeadas; dispersas ou convergentes; curtas ou longas; e polarizadas ou sem dominância. Agregando-se a essas categorias o cálculo de alguns indicadores básicos (dentre esses patentes, publicações, entre outros), é possível caracterizar e compreender a dinâmica das redes estudadas (Callon, 1992b; Callon et al., 1995). As medidas obtidas nos estudos de cartografia das redes, como em Guedes (1999), também são *inputs* para a elaboração de políticas.

O conceito de redes, tomado em conjunto com os mecanismos de coordenação, exploração de ativos complementares e mecanismos de governança, enfatiza a ampliação da interlocução entre instituições, destacando a possibilidade de uma maior conexão entre Ciência e Tecnologia. Da mesma forma, a efetiva adoção das inovações torna-se mais factível, visto que a colaboração entre agentes visa a obtenção de produtos, processos, *design*, métodos e todas as formas de inovação mais apropriadas a diferentes situações.

Resumindo, as redes podem comportar quatro dimensões-chave: a) o monitoramento e aproveitamento de oportunidades para o desenvolvimento da pesquisa cooperativa; b) o conhecimento da amplitude dos atores envolvidos, seus papéis, assim como dos instrumentos de coordenação; c) o conhecimento sobre as dinâmicas setoriais e disciplinares envolvidas nos programas e projetos de pesquisa; e d) o conhecimento das fontes e mecanismos de financiamento.

c) centros e projetos cooperativos

Os centros e projetos cooperativos representam uma das formas organizacionais surgidas nos anos 70 e 80 e que refletem modelos de estruturação das pesquisas que busca economias de escala e escopo, conforme discutido anteriormente. Um detalhamento destas experiências é julgado pertinente, visto que na área de biotecnologia este formato foi bastante freqüente – era mais adequado às necessidades de congregar capacitações diversas e muitas vezes dispersas em instituições diferenciadas. Vale ainda notar que os centros e projetos cooperativos incorporaram a operação em rede, conforme descrito acima.

A realização de projetos cooperativos vem sendo ampliada nos últimos anos, seja em função da percepção de pesquisadores da necessidade de reunir capacitações mais amplas, seja pela própria característica das inovações que caracterizam o período recente (por exemplo, para a realização da identificação de genomas, as equipes de pesquisa reuniram centenas de pesquisadores e laboratórios em capacitações que se complementavam), seja ainda pelo maior destaque atribuído pelas financiadoras para estimular essa modalidade.

Neste último caso, a política foi a criação dos centros de pesquisa cooperativa, no interior dos quais se desenvolvem diversos projetos cooperativos. Estes centros podem ser definidos como uma estrutura organizacional autônoma, cuja operação é financiada pelo governo, durante um certo período, e por várias empresas, do mesmo setor ou de setores correlatos, que se associam ao centro e pagam taxas de manutenção. Participam deste arranjo as universidades, os institutos de pesquisa – públicos ou privados -, empresas, associações industriais e outros órgãos diversos. Normalmente, o centro está sediado em uma universidade, para facilitar o treinamento de estudantes de graduação e de pós-graduação e, em alguns casos, reúne organizações que estão fisicamente distantes, em equipes integradas de pesquisa cooperativa e redes de informação. Normalmente, contam com um Comitê ou Conselho de Administração que é responsável pela definição das políticas gerais, orientação sobre as linhas de pesquisa e sobre o orçamento (Stal, 1997).

As principais atividades de um Centro de Pesquisa Cooperativa (CPC) são a pesquisa genérica ou pré-competitiva, não proprietária, de interesse do conjunto de empresas associadas, e o ensino de pós-graduação, de caráter interdisciplinar, com o envolvimento dos estudantes nas pesquisas realizadas no centro. Seu objetivo principal é a realização de pesquisa cooperativa, de longo prazo, e formação de recursos humanos, com forte ênfase em desenvolvimento de tecnologias para aplicação comercial. É motivado, entre outros, pelo desejo de aumentar o grau de inovação das empresas, por meio da utilização dos recursos humanos altamente qualificados das universidades, além de sua infra-estrutura. Assim sendo, os CPC podem constituir arranjos organizacionais eficazes para a capacitação tecnológica de segmentos industriais, unindo pesquisadores universitários em torno de temas escolhidos conjuntamente com empresas que atuam em determinadas áreas.

Segundo Stal (1997), as empresas se valem de parcerias com universidades para a realização de pesquisa básica dirigida (pré-competitiva), nas quais o apoio coletivo de várias empresas reduz os custos e os riscos. O apoio governamental a estes consórcios é uma forma de encorajar tanto a difusão como a geração de tecnologia. O objetivo principal do programa é aumentar a velocidade das inovações tecnológicas,

por meio da criação de ligações mais permanentes e de longo prazo entre pesquisadores universitários e a indústria, que se responsabiliza pela maior parte dos recursos. O centro é uma unidade organizacional autônoma, porém sem figura jurídica própria, o que lhe concede flexibilidade suficiente para atender as necessidades de pesquisa das empresas. A diferença é o comprometimento das empresas com o apoio coletivo a um programa de pesquisa.

A experiência americana é a mais antiga: o primeiro centro foi criado em 1973 no escopo de um programa apoiado pela National Science Foundation: o Industry/University Cooperative Research Centers e, no início, aplicava poucos recursos para reunir empresas interessadas em determinada área tecnológica. Em 1984 foi criado o Engineering Research Centers Program, para apoiar campos interdisciplinares envolvendo engenharia e ciências básicas. Dados de 1993 indicavam a existência de 55 centros de pesquisa cooperativa, em 14 áreas de tecnologia avançada (Gray, 1993 *apud* Stal, 1997). A partir dos anos 90 um novo programa State/Industry/University Cooperative Research Centers, também implementado pela NSF, veio complementar os programas existentes ao enfatizar a etapa de desenvolvimento, incluindo pesquisa proprietária e desenvolvimento de produtos. Neste último é incentivada a participação das pequenas empresas.

O orçamento dos centros em atividade em 1994/95 mostrava que dos US\$ 48 milhões, apenas US\$ 2,8 milhões eram aportados pela NSF e US\$ 6 milhões de outros recursos governamentais. Os demais recursos eram provenientes das taxas de manutenção das empresas (US\$ 16 milhões), outros recursos, como bolsas e auxílios (US\$ 14 milhões), recursos alocados pela universidade (US\$ 3,6 milhões) e outros recursos da indústria (US\$ 5,7 milhões). É interessante notar que, considerando todas as fontes de recursos, os fundos alocados pela NSF são multiplicados por 16, ou seja, possuem um alto grau de alavancagem. Na verdade, o programa americano está baseado na meta de auto-sustentação dos centros, ou seja, estes contam com cinco anos para estabelecer sua capacidade de sustentação.

Outros programas semelhantes são aqueles implantados na Inglaterra (Interdisciplinary Research Centers), na França (Centres de Recherche Collective), no Japão (Centers for Cooperative Research), na Alemanha (Fraunhofer Institutes), no Canadá (Network of Centers of Excellence) e na Austrália (Cooperative Research Centres Program), este último um dos mais recentes – foi implantado em 1990 (Stal, 1997).

Nesta perspectiva, o papel de uma organização que pode promover a cooperação tecnológica torna-se essencial. Sua atuação pode ser articulada em torno de três eixos: a) levantamento de oportunidades; b) articulação de projetos; e c) serviços de apoio à inovação.

Estes arranjos interorganizacionais modificam as práticas usualmente adotadas nos projetos de pesquisa desenvolvidos por apenas uma unidade de pesquisa. Seus impactos podem ser identificados sobre processo decisório, plano estratégico, missão e objetivos, estrutura organizacional, orçamento, gestão tecnológica, marketing da instituição e política de recursos humanos.

2. PAPEL DO ESTADO E INSTRUMENTOS RECENTES DA POLÍTICA NACIONAL DE C&T

De toda forma, não é possível pensar na organização e no desenvolvimento de temas como os expostos acima, sem que o país construa um sistema permanente e eficiente de monitoramento e de estímulo ao desenvolvimento da Ciência, Tecnologia e Inovação, cujas principais ações, diretas e indiretas, advêm do Estado. Isso decorre do fato do Estado ter um papel fundamental em ações referentes à oferta e à demanda de conhecimento na sociedade em geral, seja para estimular a P&D em empresas, seja para formar e capacitar pessoal em quantidade e qualidade razoáveis para enfrentar os desafios impostos pela nova organização da pesquisa, da inovação e mesmo do ensino.

Num trabalho desenvolvido por Brito Cruz (2000), discute-se justamente essas questões, colocando como ponto de partida o fato do Brasil possuir um bom nível acadêmico em âmbito internacional (o número de artigos científicos, por exemplo, quintuplicou entre 1980 e 1999, atingindo um patamar perto de 10.000, enquanto que o número de doutores formados no país saltou, nesse mesmo período, de cerca de 500 a.a. para quase 5.000 a.a.), mas não ter capacidade para transformar isso em conhecimento aplicado em tecnologia e em riqueza nacional.⁶ Um dos obstáculos é a carência de investimento em P&D por parte das empresas privadas no país, assim como do próprio emprego de pessoal de nível superior por estas. Poucas são as empresas que possuem departamentos próprios de pesquisa e desenvolvimento, demonstrando uma postura bastante passiva em relação à dinâmica e à demanda de inovação e a novos conhecimentos.

Mesmo em países cujas políticas são de cunho neoliberal, que advogam o Estado mínimo, o governo geralmente fornece apoio tanto à indústria, para que esta invista em P&D, como no que tange ao ensino e à formação de recursos humanos por meio da sustentação da qualidade das universidades públicas. Nas palavras de Brito Cruz, “explicitamente, o Estado apoia a atividade de P&D empresarial através de uma série de ações que podem ser classificadas como indiretas e diretas. Ações indiretas são aquelas onde em geral o apoio é dirigido à oferta de conhecimentos e condições, como por exemplo, quando o Estado mantém um sistema universitário e de institutos de pesquisa. O apoio direto ocorre através de ações em que o Estado age na demanda por conhecimento, por exemplo, comprando tecnologia de empresas (muito comum nos EUA), ou através de políticas de renúncia ou isenção fiscal” (p. 16-17). Por exemplo, nos números apresentados sobre o valor da isenção fiscal praticada em alguns dos países da OCDE, em 1999, como estímulo às atividades de P&D empresariais, o maior desconto é praticado pela Espanha: US\$ 0,30 por dólar investido.

O autor comenta ainda um estudo envolvendo 17 países da OCDE, cuja análise tomou um período de 15 anos. As principais tendências são as seguintes (Brito Cruz,

⁶ Tome-se, por exemplo, o número de patentes registradas nos EUA originárias no Brasil, comparado com o da Coreia do Sul. Se no início dos anos 80 esse número era bastante pequeno para os dois países, com uma pequena vantagem ainda para o Brasil, o desempenho positivo da Coreia começa a apontar já antes da segunda metade da década de 80, iniciando um crescimento intenso, constante e invejável (mais 3.500 patentes em 2000), enquanto que o Brasil, por sua vez, praticamente não apresentou crescimento, tendo estagnado num patamar bastante baixo (Brito Cruz, 2000).

2000:17-18):

- “o apoio estatal direto à atividade de P&D em empresas tem um efeito positivo no financiamento privado à P&D;
- os incentivos fiscais têm um efeito positivo (porém de vida curta) sobre os investimentos privados em P&D;
- tanto o financiamento direto pelo Estado como os incentivos fiscais são mais efetivos quando operam de maneira contínua, garantindo um ambiente estável para as empresas;
- financiamento direto pelo estado e os incentivos fiscais são substitutos: o aumento de um deles reduz a efetividade do outro;
- efeito estimulante do financiamento direto pelo Estado varia de acordo com sua generosidade: tende a crescer em efetividade até que atinja 13% do investimento empresarial total em P&D, perdendo efetividade a partir daí;
- a pesquisa relacionada à Defesa realizada em laboratórios públicos e universidades tende a deslocar (*crowd-out*) a P&D empresarial; a pesquisa pública (ou universitária) em temas civis não tem este efeito (sem levar em conta efeitos de transbordamento - *spillover*);
- financiamento direto pelo Estado e a pesquisa pública são complementares: a pesquisa pública se torna mais efetiva quando o investimento estatal cresce, com isto aumentando a capacidade das empresas de absorver o conhecimento gerado na pesquisa pública”.

Quanto ao ensino, o mesmo autor reforça a idéia da importância de se manter a qualidade do ensino superior, dado que sendo a formação de recursos humanos a principal missão da universidade, permite-se que se oferte à sociedade em geral, e às indústrias em particular, o elemento chave para o desenvolvimento da Ciência, Tecnologia e Inovação – o capital humano. Tomando do mesmo artigo um trecho de uma entrevista de um diretor de uma empresa do Vale do Silício, ex-pró-reitor de pesquisa da Universidade de Stanford, sobre o papel da universidade no parque que se formou em torno dela, ele diz que muitos creditam a essa universidade o sucesso do Vale do Silício pensando nas trocas de conhecimento e especialmente de tecnologias que essa proximidade permite entre universidade e empresa. Entretanto, segundo o entrevistado, a mais importante contribuição de Stanford ao Vale do Silício é a oferta de mão-de-obra de alto nível e bem formada (Brito Cruz, 2000).

Toda essa discussão sugere, entre outros, a idéia que o Estado é o ator principal para formular políticas e condições favoráveis para os diferentes atores interagirem nos diferentes contextos em que ocorre o desenvolvimento da inovação. O importante é que as regras e principalmente as estratégias nacionais sejam e estejam claramente definidas, sem as quais nenhuma política terá resultados.

A discussão, como colocada pelo Prof. M. Possas⁷, deve passar pela nova função pública do Estado, que não é mais a de prestação de serviços, mas de estabelecimento de normas e de regulação dos mercados. Ao mesmo tempo que a globalização impõe novas regras, pautas, limitações etc., o Estado deve assumir a função de regulador

⁷ Discussão realizada no GEOPI/DPCT/Unicamp em 1999.

dos diferentes mercados e interesses. Entretanto, uma das questões pendentes é justamente tentar identificar quais as mudanças de natureza estrutural. O que é certo é que o Estado tem que ter uma nova visão e conceber políticas de longo prazo, pois o mercado pensa no curto prazo, dado que a sua natureza é imediatista. Entretanto, adotar uma lógica de mercado não significa necessariamente seguir a lógica do mercado, mas influenciá-la, estar a sua frente. Criar algo antes da demanda é contrário à lógica alocativa, que é estática. A lógica alternativa cria desequilíbrio, rompe com a estrutura técnica existente, busca fechar *gaps* etc. Isso não deixa de ser uma lógica de mercado. As oportunidades não são pré-determinadas; os mercados são criados!

Do ponto de vista das políticas públicas para a C&T no Brasil, destaca-se, no período recente, o Plano Plurianual do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. O PPA conforma uma Agenda de compromissos permanentes e um elenco de Programas que devem organizar suas ações no período 2000-2003. Em linhas gerais, os principais objetivos do PPA em C&T são: “1. consolidar, expandir e aprimorar a base nacional de C&T; 2. viabilizar a constituição de um efetivo Sistema Nacional de Inovação; 3. preparar o país para os desafios da sociedade da informação e do conhecimento; 4. promover a capacitação científica e tecnológica em setores estratégicos para o desenvolvimento do país, e 5. inserir a C&T nas estratégias de desenvolvimento social” (*homepage* do MCT).

A Agenda de compromissos perpassa horizontalmente objetivos setoriais e atividades do Ministério e é constituída por um conjunto de princípios e orientações que podem ser classificados em quatro categorias, de acordo com o MCT (ver *homepage*): 1. novos modelos de gestão; 2. novo modelo de financiamento para o setor; 3. parcerias e cooperação, e 4. desenvolvimento regional. O Plano Plurianual do MCT é composto por 22 programas. Quatro programas são considerados estruturantes no PPA do MCT, dentre eles o de Biotecnologia e Recursos Genéticos – Genoma, devido ao seu alto caráter estratégico em mobilizar diferentes agentes e estimular parcerias, possibilitando, dessa forma, identificar diversas fontes de recursos (os outros são Inovação para Competitividade; Sociedade da Informação e Internet II e Climatologia, Meteorologia e Hidrologia).

O orçamento alocado para esses programas é apresentado no Quadro 1, abaixo. “Essas prioridades foram definidas a partir dos grandes objetivos do documento de orientação estratégica do PPA do MCT (expandir a base nacional de C&T; constituir um efetivo Sistema Nacional de Inovação; preparar o País para a Sociedade da Informação; capacitação em setores estratégicos; inserir C&T nas estratégias de desenvolvimento social)” (MCT, Secretaria Executiva, 2001:27).

Quadro 1 – Participação dos Programas Estruturantes do PPA/MCT

Programa Estruturantes do PPA/MCT	2000	2001	2002*	2003*
Inovação para Competitividade	7,1%	6,0%	9,5%	11,4%
Sociedade da Informação & Internet II	4,7%	4,5%	7,5%	9,2%
Biotecnologia – Genoma	1,7%	1,3%	4,2%	5,8%
Climatologia, Meteorologia e Hidrologia	2,0%	2,6%	4,5%	5,5%
Total dos Programas Estruturantes	15,5%	14,4%	25,6%	31,8%
Demais Programas	84,5%	85,6%	74,4%	68,2%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

*Estimativa

Fonte: MCT, Secretaria Executiva (2001:27)

O Programa Biotecnologia e Recursos Genéticos – Genoma, “visa conservar recursos genéticos e desenvolver produtos e processos biotecnológicos relevantes para a produção industrial, a agropecuária e saúde humana. As principais ações são: 1) caracterização, avaliação, enriquecimento e conservação de recursos genéticos; 2) bancos de germoplasma e coleções de cultura; 3) fomento a centros de pesquisa e a projetos de biotecnologia relevantes para a agricultura, pecuária e saúde; 4) fomento à pesquisa e desenvolvimento para conservação e o uso sustentável da biodiversidade; 5) diretrizes para C&T em biossegurança e organismos geneticamente modificados; e 6) patenteamento de produtos oriundos de recursos genéticos” (*homepage* MCT). Os principais avanços em 2000 foram a implementação da Rede Genoma, de âmbito nacional, constituída por 26 laboratórios de seqüenciamento da *Chromobacterium violaceum*, e de três projetos de suporte a Coleções de Culturas Microbianas e de Células Humanas.

“O orçamento alocado ao Programa Nacional de Biotecnologia é o de maior crescimento no âmbito do MCT. Em 2000 foram aplicados 12 milhões de reais, em 2001 serão quase 80 milhões, e em 2002 serão cerca de 150 milhões. Esta opção deriva da importância absolutamente estratégica do setor. As atividades de seqüenciamento induzidas pelo Programa serão feitas com o objetivo de estruturar redes e as respectivas competências específicas no conjunto do território nacional, evitando uma concentração indesejada da capacitação nacional no setor” (MCT, Secretaria Executiva, 2001:30). Ainda segundo o Secretário Executivo do MCT, o Programa “pretende criar competências em áreas conexas tais como bioinformática, genética convencional, fisiologia, dentre outras, de tal forma que o País possa aproveitar seus êxitos científicos recentes e se colocar como *locus* privilegiado da atração de investimentos nessa área. Outro objetivo do Programa é dar suporte ao setor privado mediante a atração de investimentos internacionais e através do suporte à bioindústria nascente, bem como pretende articular o setor privado com os temas da biotecnologia” (MCT, Secretaria Executiva, 2001:30). A primeira ação do Programa de Biotecnologia, segundo o presidente do CTNBio (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança), Esper Cavalheiro, deverá ser a centralização dos bancos de germoplasma dispersos em diferentes laboratórios pelo país (*homepage* do MCT).

Vale a pena mencionar outro programa também do MCT, o ProspecTar (Desenvolvimento das Atividades de Prospecção em Ciência e Tecnologia), cujo principal objetivo, como o próprio nome indica, é desenvolver trabalhos prospectivos que indiquem como organizar o cenário de C&T atual para atingir da melhor forma possível as metas propostas. Em 2001 foi lançado o primeiro levantamento junto às

comunidades científica e empresarial, para a construção de uma lista de tópicos tecnológicos considerados importantes para o desenvolvimento da C&T nacional. Nesta primeira rodada, oito temas foram selecionados (agropecuária, aeronáutica, energia, espaço, materiais, recursos hídricos, saúde e telecomunicação/tecnologia da informação/eletrônica), subdivididos em mais de 125.000 tópicos. Cerca de 10.000 respostas foram obtidas nesta rodada. A biotecnologia não é um tema explícito desse Programa, o que torna ainda mais relevante as propostas de operacionalização do monitoramento do entorno que serão apresentadas nesse trabalho. Estas propostas vão ao encontro dessa iniciativa do MCT de colocar em prática a perspectiva de prospecção e de priorização de atividades em C&T no país.

Também neste período foram criados os Fundos Setoriais, um novo arranjo de gestão de programas de desenvolvimento científico e tecnológico. Essa estratégia prevê o fortalecimento e a criação de vários instrumentos que identifiquem gargalos e que permitam um ganho de competitividade dos setores produtivos do país.

“Seu formato representa uma série de avanços em relação aos mecanismos tradicionais de financiamento, tais como estabilidade do financiamento, gestão orientada para resultados, articulação do MCT com demais áreas do governo, interação entre comunidade e setor produtivo, aumento da indução da pesquisa científica e tecnológica. Os Fundos Setoriais constituem uma nova proposta de financiamento através da constituição de receitas fiscais adicionais ao orçamento fiscal, derivada da exploração ou concessão de um determinado setor de atividades. Com exceção do FUNTEL (Fundo de Desenvolvimento Tecnológico das Comunicações), os recursos captados são todos alocados no Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FNDCT, o qual, recentemente, passou a operar com mecanismos adequados a cumprir essa finalidade. As receitas que alimentam os fundos têm diversas origens, tais como: *royalties*, parcela da receita das empresas beneficiárias de incentivos fiscais, compensação financeira, licenças e autorizações, doações, empréstimos e receitas diversas. Quanto à gestão dos Fundos, vale como regra geral que os recursos serão administrados de forma compartilhada entre o MCT, ministérios relacionados à atividade, agências reguladoras setoriais, iniciativa privada e academia, por intermédio de um Comitê Gestor” (MCT, Secretaria Executiva, 2001:26).

Em 2000 foram aprovados os seguintes Fundos que estão sendo implementados em 2001: Energia Elétrica, Recursos Hídricos, Transportes Terrestres e Hidroviários, Mineral, Espacial, Interação Universidade-Empresa, e Infra-estrutura. Há ainda fundos operando nas áreas de Petróleo – CTPETRO e Telecomunicações – FUNTEL. Devem ainda ser examinados pelo Congresso Nacional as propostas de criação de novos fundos para as áreas de agronegócio, informática, aeronáutica e biotecnologia. “O conjunto dos Fundos deverá representar uma contribuição de mais de R\$ 1 bilhão ao ano, o que praticamente dobra os recursos destinados às atividades de fomento à pesquisa em C&T” (MCT, Secretaria Executiva, 2001:27).

3. AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO DA BIOTECNOLOGIA

Neste item são abordados alguns aspectos relativos à organização da dinâmica de inovação em biotecnologia, bem como é apresentada uma breve caracterização do “setor” de biotecnologia no Brasil.

a) arranjos organizacionais e dinâmicas de mercado na biotecnologia

A prática da inovação tecnológica requer o exercício permanente de interação entre diferentes agentes, ou seja, a inovação não se explica apenas pela oferta de novos conhecimentos decorrentes da pesquisa; nem é suficiente tentar explicá-la colocando toda a ênfase nas demandas exercidas pelo mercado. Trata-se, sobretudo, de entender que a inovação se dá pelas relações que se estabelecem entre os distintos agentes do sistema inovativo, isto é, pela determinação conjunta de oferta e demanda.

Além disso, como discutido anteriormente, saber posicionar-se no processo inovativo é condição elementar de competitividade. E, para isso, é preciso identificar os possíveis *loci* de inserção, relacioná-los com as competências disponíveis na organização, identificar outras que precisam ser criadas ou renovadas de forma a definir alvos e corrigir o foco da ação. Dado o grande número de agentes hoje atuando em biotecnologia, com inserções as mais diversas nas redes de inovação, é preciso, como política, saber organizá-los.

Se não, vejamos. Uma das principais características da formação dos mercados da moderna biotecnologia são os contratos de cooperação, seja para pesquisa, para desenvolvimento, ou ainda para financiamento, comercialização, licenciamento e *marketing*. Isso não é novidade e ocorre em razão de uma permanente incerteza que permeia as atividades de pesquisa e produção em biotecnologia. Novas empresas de biotecnologia (NEBs) buscam recursos (notadamente financeiros) e acesso aos mercados finais junto às grandes corporações; estas, por seu turno, buscam conhecimento especializado nas NEBs ou mesmo serviços que não se interessam em verticalizar.

Galimberti *et al.* (1994) afirmam que, no caso das NEBS, os acordos de cooperação são também importantes como fator de credibilidade, o que ajuda nas estratégias de busca de futuras colaborações, da mesma forma que ajuda na colocação de títulos nas bolsas de valores. Pela lado das grandes empresas, a cooperação evita os pesados investimentos em atividades de fortes riscos e incertezas e, concomitantemente, permite tanto a avaliação do potencial da biotecnologia, como a aquisição de conhecimentos relacionados às novas técnicas. Tais empresas se utilizam da capacidade e da estrutura técnico-científica das NEBs e, por meio do controle destas, procuram limitar o acesso de firmas concorrentes às novas tecnologias. “Desta forma, a estratégia das grandes firmas procura arranjar o *trade off* entre os riscos de internalizar uma atividade que tem resultados ainda incertos e os custos de transação resultantes das dificuldades de apropriação” (Salles-Filho, 1993:113). De toda forma, cria-se uma rede de relações cujo principal objetivo é o de buscar a competência onde ela estiver, abrindo espaço para a participação de empresas menores, instituições públicas e privadas de P&D, fundações de pesquisa e outras entidades.

Autores como Fonseca *et al.* (2000), acreditam que a construção das estruturas na

pesquisa em biotecnologia (ou *building blocks*) e seus arranjos institucionais passam por: “i) um novo perfil competitivo que deverá emergir de alianças entre grandes empresas farmacêuticas, novas empresas de biotecnologia/empresas especializadas (NEBs), grupos de pesquisa de universidades e governo; ii) a continuidade do processo de tomada de recursos de fundos de mercados financeiros, uma estratégia de risco adotada por muitas NEBs americanas durante os últimos 15 anos; e iii) novos direitos de propriedade intelectual e outras formas de proteção que irão emergir de discussões sobre regulamentação do comércio de produtos geneticamente modificados e de debates a respeito do monopólio de técnicas de clonagem que são tidas como cópia e *scale up* de processos fundamentais naturais da vida” (Fonseca *et al.*, 2000:9). Esses elementos têm sido decisivos na formatação do contexto de desenvolvimento da biotecnologia desde o início dos anos 80.

Entretanto, as instituições reguladoras (padrões contratuais, leis de biossegurança, liberação e rotulagem de organismos geneticamente modificados (OGMs), leis e rotinas de propriedade intelectual etc.) ainda vêm sendo construídas, com grandes lacunas a serem preenchidas. Mas não é apenas a incerteza em relação a estes aspectos que está presente nos projetos de desenvolvimento na biotecnologia; há incerteza também quanto aos arranjos entre as organizações e quanto à criação de redes e ao ganho potencial decorrente das economias de escala e de escopo presentes nesses arranjos. Estando as instituições ainda sendo construídas, a especificidade dos ativos e as condições de racionalidade são parcas. Dessa forma, a complexidade dos projetos aponta a via da cooperação como uma das mais importantes nesse mercado (Bonacelli e Salles-Filho, 1996). “Este é um contexto no qual nada está ainda estabelecido, nem o *payoff* nem regras e normas. A pesquisa básica é ainda muito cara e as incertezas associadas ao desenvolvimento de novos produtos também são altas. Essas incertezas podem ser resumidas como os problemas referentes à produção de alimentos geneticamente modificados e à definição de um novo protocolo para regulamentar a pesquisa básica e o mercado” (Fonseca *et al.*, 2001:7).

Os maiores benefícios dos acordos de cooperação e dos consórcios são o acesso a tecnologias complementares e a somatória de uma massa crítica bastante significativa. Para uma pequena empresa especializada, participar de um consórcio permite uma “quase-verticalização” de suas atividades, principalmente no que toca à comercialização e distribuição. Porém, as empresas ainda hesitam em formar consórcios, pelo risco de verem concorrentes se beneficiando, com menos recursos e mais rapidamente, de resultados oriundos de outros tipos de estratégia e também pela questão da propriedade intelectual. O fato é que não se trata apenas de acordos pré-competitivos. Encarar consórcios e cooperação em inovação apenas como estratégia pré-competitiva é observar apenas um aspecto da questão, muitas vezes secundário. Por outro lado, esta situação também indica a necessidade de rápido amadurecimento das instituições básicas que dão suporte aos contratos de cooperação.

Entretanto, é interessante observar a dinâmica técnico-concorrencial dos diferentes mercados envolvidos com a moderna biotecnologia, dado que o contexto de introdução/evolução de inovações pelos agentes econômicos pressupõe arranjos decorrentes de aspectos que estão estreitamente vinculados às especificidades dos setores industriais. Considera-se que o processo de introdução de inovação é revestido de incerteza e descontinuidade, resultado dos “fatos estilizados” do contexto de mudança tecnológica, como:

- caráter tácito, cumulativo e específico da tecnologia e do conhecimento;
- caráter irreversível da decisão, com um forte efeito de exclusão das alternativas;
- a influência dos critérios de seleção (ou dos ambientes seletivos) sobre as ações dos agentes e a tentativa destes de monitorar e endogeneizar esses critérios;
- a permanente existência de assimetrias e de diversidade entre as organizações (notadamente no que respeita às firmas) em relação à capacitação e às estratégias de inovação e em relação à eficiência na utilização dos *inputs*.

Compreender o ambiente seletivo significa endogeneizar os elementos que formam os meios de coordenação e de direção das inovações, para tirar proveito a partir das vantagens concorrenciais que podem ser obtidas. Porém, os agentes econômicos percebem as pressões de forma diferente e vão, portanto, ter reações distintas frente a elas, devido aos conhecimentos e às competências acumuladas, assim como devido ao contexto técnico-concorrencial no qual está envolvido. Isto é, não se pode nem se deve, sob a ótica de qualquer tipo de estratégia, ignorar as especificidades setoriais relativas às áreas do conhecimento e aos mercados com os quais se está tratando.

As diversidades setoriais se explicam, por sua vez, não somente em razão do grau de concentração ou do tamanho das firmas, mas também, como colocado por Dosi *et al.* (1995): i) pela importância e pela intensidade dos esforços inovativos e os caminhos seguidos pela inovação (a importância do peso da P&D, por exemplo); ii) pelos resultados da pesquisa e da inovação (o número de patentes, por exemplo); e iii) pelas taxas de crescimento da produtividade. Dessa forma, a maneira como os agentes econômicos percebem e integram em suas rotinas de investigação e produção as especificidades técnico-científicas, as leis de propriedade intelectual e de biossegurança, as pressões dos consumidores, entre outros, determina, simultaneamente com as particularidades das estruturas industriais, os ambientes concorrenciais e de seleção que explicam as diferenças no desenvolvimento e na aceitação de produtos biotecnológicos entre os diferentes mercados.

Assim sendo, uma das características do desenvolvimento da biotecnologia é o menor volume de investimentos feitos na área agrícola frente àqueles dedicados à saúde humana (terapêuticos e diagnósticos). Nos anos 90, para dar um exemplo, o faturamento anual da maior NEB americana da saúde humana (Chiron) era mais de três vezes maior que o da mais importante NEB da agrobiotecnologia (Mycogen). O faturamento da primeira era de cerca de US\$ 370 milhões enquanto que o da segunda era de US\$ 117 milhões; conseqüentemente, as perdas também eram bem maiores na área da saúde humana que na de agrobiotecnologia (US\$ 18 milhões contra US\$ 3,5 milhões, respectivamente, entre as duas NEBs); porém, o valor no mercado da Chiron era, na primeira metade dos anos 90, de US\$ 1,7 bilhão, contra US\$ 209 milhões da Mycogen. “As diferenças setoriais são o resultado das diferenças nas trajetórias tecnológicas, nas dinâmicas concorrenciais dos mercados e nos graus de ‘inovatividade’ de cada atividade (...). Esse contexto resulta em diversos tipos de engajamento em relação à biotecnologia, como conseqüência da forma com que cada segmento vai se posicionar em relação ao processo de inovação” (Bonacelli e Salles-Filho, 1996:455).

As principais especificidades da agrobiotecnologia frente à saúde humana devem-se

tanto às influências de natureza edafo-climáticas (o que exige estratégias e produtos diferenciados de acordo com o mercado no qual opera, o que não ocorre com os medicamentos), como também às preferências dos consumidores, as maiores dificuldades em superar restrições destes no que respeita os OGMs, assim como em relação à propriedade intelectual, à regulamentação, a rotulagem, entre outros. Além disso, a agricultura apresenta um menor nível de apropriação tecnológica e de concentração econômica, já que as grandes empresas farmacêuticas utilizam estratégias mundiais de penetração nos mercados. “Assim sendo, as oportunidades abertas pela biotecnologia são diferentemente percebidas, incorporadas e integradas nas rotinas de P&D e de produção das firmas, segundo particularidades técnico-econômico-concorrenciais dos segmentos de mercados, segundo os conhecimentos acumulados pelas empresas, segundo as trajetórias tecnológicas já seguidas, segundo suas características estruturais etc. (Bonacelli e Salles-Filho, 1996:456).

Vale a pena ainda remarcar dois aspectos: um em relação aos ainda altos volumes de perda com o “negócio” biotecnológico, evento que vem se repetindo desde o início da movimentação em torno da moderna biotecnologia, ou seja, final dos anos 70 e início dos 80. O Quadro 2, abaixo, apresenta esses números, separando as companhias públicas do universo de empresas envolvidas com as diferentes atividades em biotecnologia. Entretanto, enquanto o faturamento das companhias abertas é cerca de 4 a 5 vezes maior que o das outras companhias, o mesmo não ocorre com relação às perdas, que estão no mesmo patamar.

Quadro 2 – Principais números relativos à biotecnologia nos EUA, em US\$ bilhões

Variáveis	Companhias abertas		Outras Companhias	
	1999	1998	1999	1998
venda de produtos	11	9.1	2.4	2.4
Faturamento	15.2	12.6	3.4	3.5
despesas com P&D*	6.2	5.1	3.7	3.4
perdas líquidas	2.7	1.5	2.4	1.9
Outros				
n. de NEBs	327	317	956	957
n. de empregados	106.000	94.000	47.000	46.000

*não inclui compra de tecnologia

Fonte: Ernst & Young (1999), *apud* Fonseca *et al.* (2000)

Em relação ao contexto europeu, o que chama atenção é o aumento espetacular do número de empresas envolvidas com a biotecnologia, particularmente o caso alemão, dado que esse país apresentava, desde o início dos negócios envolvendo a moderna biotecnologia, um número pouco expressivo de empresas no cenário da Europa. Entretanto, atualmente, esse país lidera o ranking nesse continente, como pode ser visto na Figura 1 abaixo.

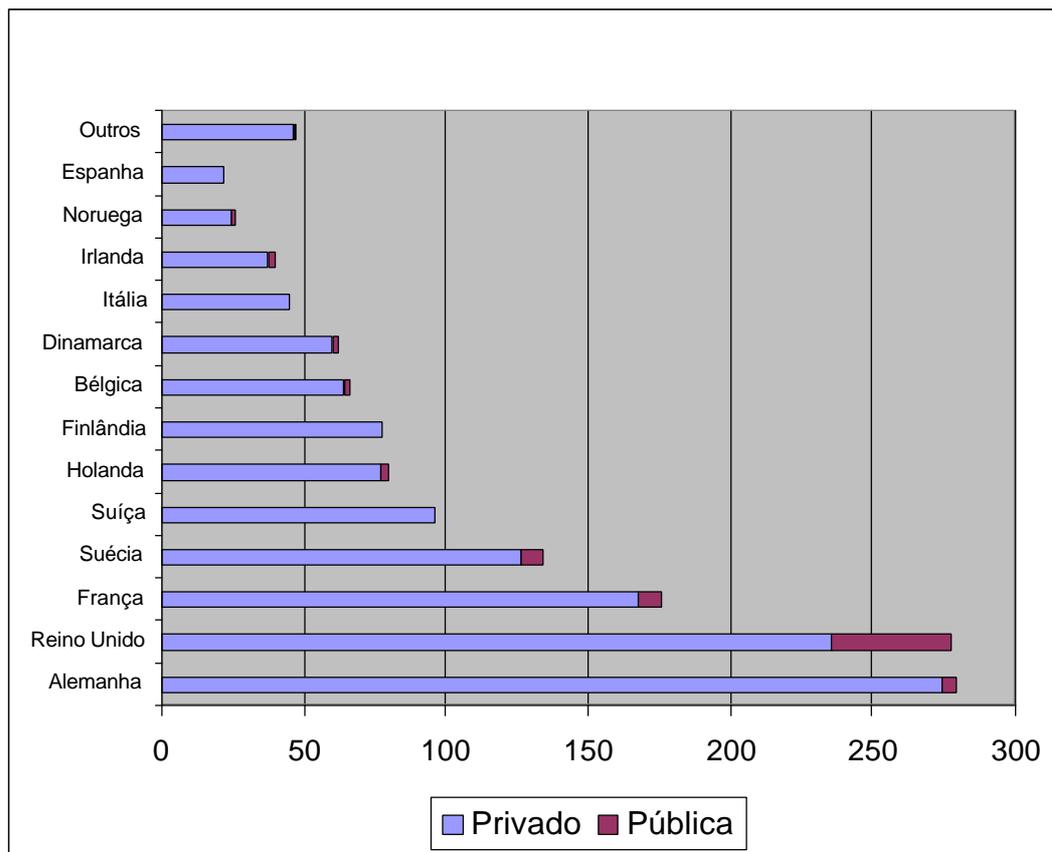


Figura 1 – Número de empresas europeias de biotecnologia por país

Fonte: Ernst e Young (2000)

Outro elemento fundamental que influencia esse contexto é o sistema nacional de inovação. Os contratos e acordos de cooperação ou os projetos cooperativos sofrem a influência do ambiente no qual tais arranjos se desenvolvem. E isso está diretamente relacionado à forma como os agentes percebem os estímulos relativos à inovação. Um sistema nacional de inovação desarticulado torna difícil a formação e a manutenção das redes de cooperação entre os diferentes agentes implicados nesse processo (Salles-Filho e Bonacelli, 1994).

Este é, infelizmente, o caso no qual se situa o Brasil. Entretanto, é possível e desejável levantar e explorar as potencialidades do país, que tem alto nível de capacitação em várias áreas do conhecimento. Essa é, portanto, a oportunidade de se repensar e de se reconduzir um programa que estimule a interação entre os diferentes agentes do processo inovativo envolvidos com a moderna biotecnologia. Como visto acima, a biotecnologia tem um espaço relevante nos programas instaurados no âmbito do PPA/MCT. Ou seja, há uma vasta área a ser explorada. Uma das primeiras atitudes é quanto à definição dos instrumentos a serem utilizados para o melhor aproveitamento tanto dos recursos existentes, assim como da capacitação dos diferentes agentes envolvidos com os processos de pesquisa, inovação e produção, em geral, e no caso da biotecnologia, em particular.

b) caracterização da biotecnologia no Brasil

Muito brevemente, é apresentado nesta seção um perfil dos grupos de pesquisa dedicados atualmente à biotecnologia no país. Tal levantamento foi feito junto ao Diretório dos Grupos de Pesquisa, versão 4, do CNPq. As informações são as que seguem.

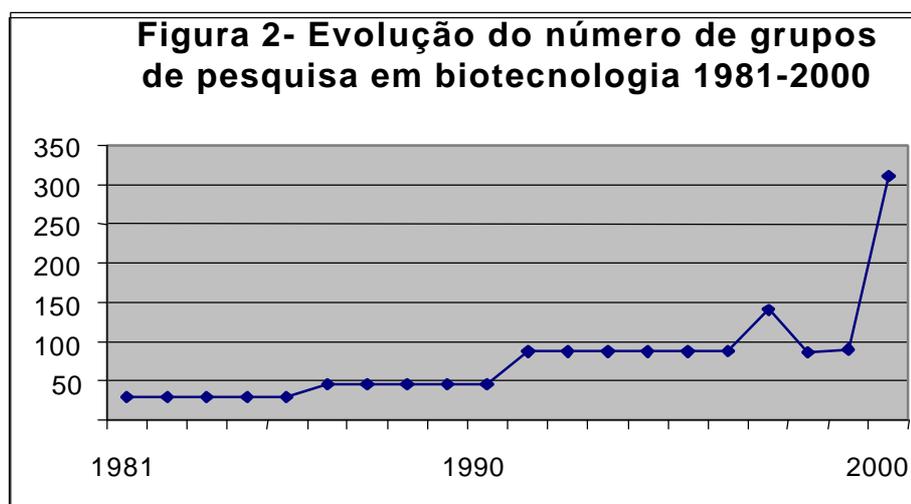
A evolução do número dos grupos de pesquisa relacionados ao “setor de biotecnologia” (terminologia utilizada pelo CNPq, mas não adotada nesse estudo), apresenta a seguinte evolução até o ano 2000.

Quadro 3 – Evolução do número dos grupos de pesquisa em biotecnologia no país, até 1980 e de 1981 a 2000

ANO	Número de grupos criados
Até 1980	181
1981 - 1985	149
1986 - 1990	229
1991 - 1995	441
1996	89
1997	141
1998	87
1999	90
2000	310

Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq, v4; elaboração dos autores

Os dados anuais aparecem somente a partir de 1996. O ano de 2000 foi aquele em que um maior número de grupos foi criado. A Figura abaixo apresenta os mesmos dados, mas para os anos de 1981 a 1985, 1986 a 1990 e 1991 a 1995 foram obtidas as médias anuais. Os números do eixo *x* correspondem à escala anual. Pode-se observar nestes dados a presença de três patamares em relação ao número de grupos de pesquisa: entre 1981 a 1985; de 1986 a 1990 e o terceiro a partir de 1990.



Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq, v4; elaboração dos autores

Em geral, os números relativos aos grupos, às linhas de pesquisa, aos pesquisadores, de estudantes e de produção de C&T, são os apresentados abaixo.

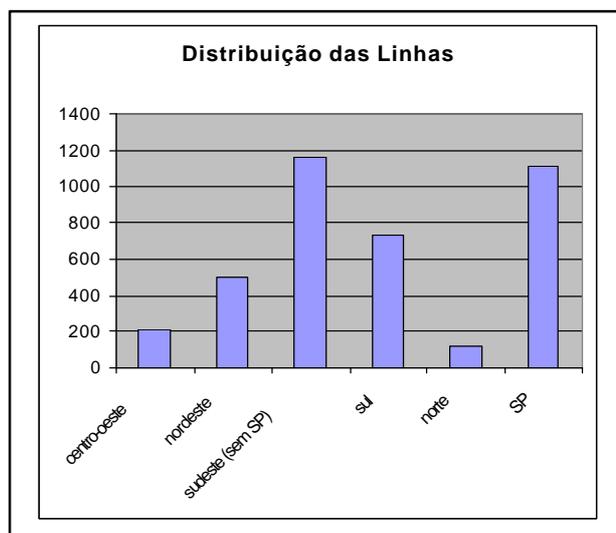
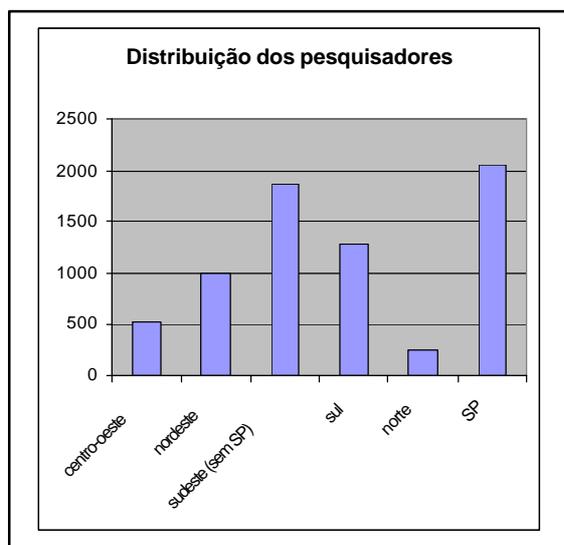
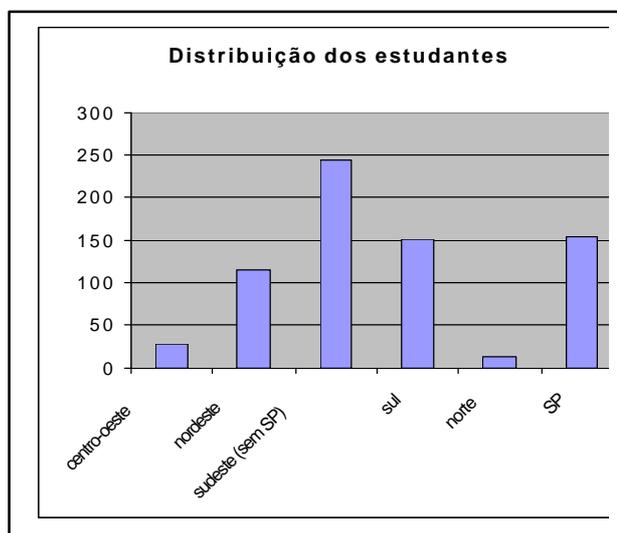
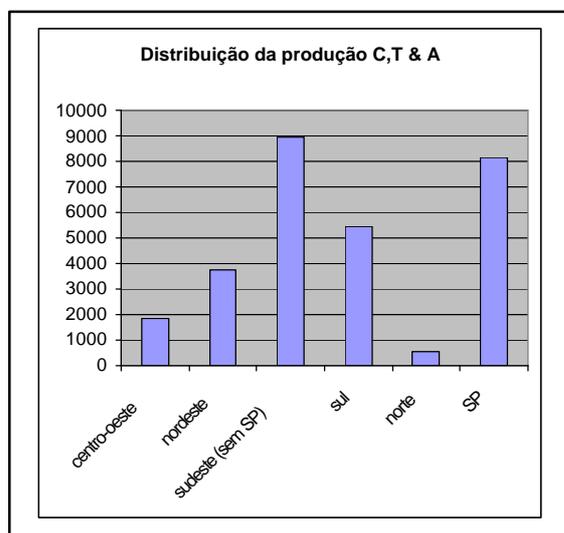
Quadro 4 – Número de grupos, de linhas, de pesquisadores, de estudantes e de produção de C&T em biotecnologia no país

Número de grupos	Número de linhas	Número de pesquisadores	Número de estudantes	Produção de C&T
1.718*	3.844	6.616	699	26.757

*Representa 14,6 % do total de grupos cadastrados.

Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq, v4; elaboração dos autores

Quanto à distribuição geográfica dos grupos de pesquisa, além da Região Sudeste se destacar das outras regiões do país, o Estado de São Paulo apresenta números mais impressionantes ainda, notadamente quando se trata de pessoal envolvido com a pesquisa. Os dados são apresentados nas próximas figuras.



Pode-se também ser feita uma análise da distribuição dos envolvidos por área do

conhecimento, onde se destacam as Ciências Biológicas, seguidas das Agrárias, tanto no que se refere ao número de pesquisadores, ao número de linhas de pesquisa e ao número de grupos.

Quadro 5 – Grupos de pesquisa e participação das Áreas do Conhecimento

Grandes Áreas	Agrárias	Biológicas	Exatas e da Terra	Humanas	Sociais	Saúde	Eng. e Ciências da Comp.	Lingüíst. Letras e Artes
Número de Linhas	1.075	1.986	432	18	19	503	361	1
Pesquisadores	2.305	3.247	845	54	46	1.140	753	2
Grupos de Pesquisa	495	910	266	15	17	249	197	1

Fonte: Diretório dos grupos de pesquisa, v.04, Plano Tabular. Por terem sido extraídas do Plano Tabular, essas informações diferem em número das contidas nos demais módulos do diretório. Elaboração da equipe de pesquisa

Agr	415
Soc	15
Bio	715
Exa Ter	230
Hum	10
Saúde	191
LLA	1
Eng	141

Sendo que:

Agr: Ciências agrárias;

Bio: Ciências biológicas;

Eng: Engenharias;

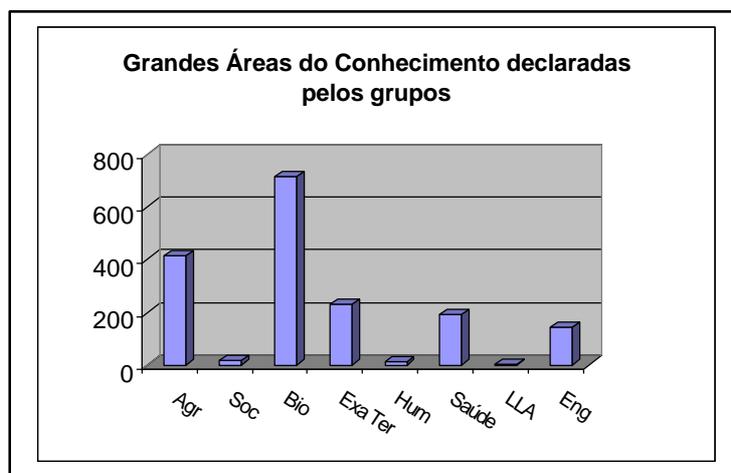
Exa Ter: Ciências Exatas e da Terra;

Hum: Humanidades;

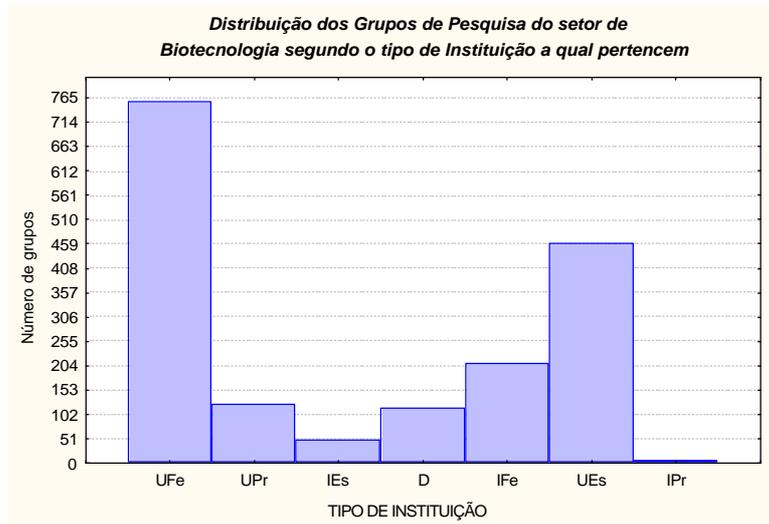
Saúde: Ciências da Saúde;

LLA: Linguística, Letras e Artes e

Soc: Ciências Sociais Aplicadas.



O próximo gráfico mostra a distribuição dos Grupos de Pesquisa segundo o tipo de instituição a qual pertencem. As variáveis do eixo *x* estão assim codificadas:



Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq, v4;
elaboração dos autores

IEs: Instituto Público de Pesquisa Estadual;

IFe: Instituto Público de Pesquisa Federal;

IPr: Instituto Privado de Pesquisa;

UEs: Universidade Estadual;

UFe: Universidade Federal;

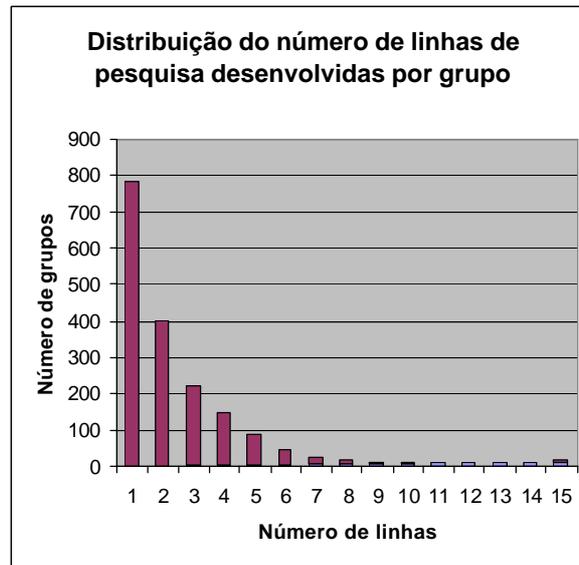
UPr: Universidade Privada;

D: Instituições que ainda não foram inseridas dentro dos outros campos.

Também nesse caso, nota-se um grande concentração de grupos de pesquisa em biotecnologia em instituições públicas, sendo muito pequena a participação de organizações privadas.⁸

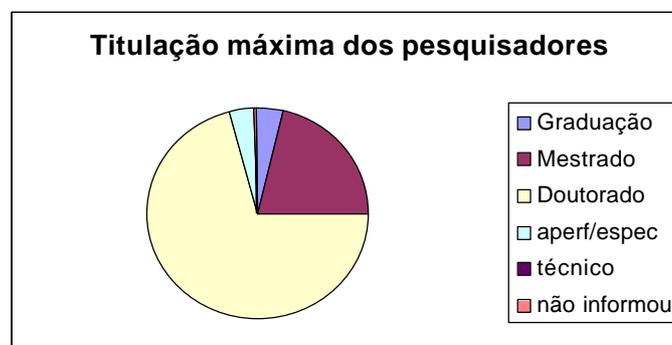
⁸ Sobre o aspecto da pequena participação de organizações privadas no desenvolvimento da biotecnologia no país, ver outros comentários nas considerações finais desse estudo.

O gráfico a seguir mostra o número de grupos que desenvolvem de 1 a 15 linhas de pesquisa. Em média são 2,24 linhas de pesquisa desenvolvidas por grupo.



Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq, v4; elaboração dos autores

Quanto à titulação dos pesquisadores envolvidos com temas relacionados à biotecnologia, os dados são os seguintes.



Fonte: Diretório dos Grupos de Pesquisa do CNPq, v4; elaboração dos autores

Os dados apresentados acima são muito interessantes no que diz respeito à evolução das atividades relacionadas à biotecnologia no país. Há, inequivocadamente, um avanço no que respeita esse conjunto de conhecimentos e de técnicas; entretanto, o que também sobressai é o extremo desequilíbrio regional no tocante ao desenvolvimento da C&T no Brasil, estando o Estado de São Paulo numa situação muito além de outros Estados, não somente de outras regiões, mas também em relação à própria Região Sudeste e à Região Sul. Esse é um aspecto essencial a ser tratado pelos vários programas de estímulo à C&T realizados pelo MCT, entre eles o de biotecnologia.

c) um survey de experiências de organização de redes para o desenvolvimento da C&T

O objetivo deste item é identificar informações sobre as estratégias e formas de atuação de redes atuando em biotecnologia em diferentes países. Pretende-se com isto, contribuir com sugestões para o estabelecimento e o fortalecimento da pesquisa em biotecnologia no Brasil. As informações sobre redes atuando em biotecnologia foram obtidas num *survey* sobre experiências, utilizando para tanto dados disponibilizados em *sites* de organizações de pesquisa e de apoio à pesquisa. As buscas concentraram-se nas iniciativas empreendidas nos seguintes países: Estados Unidos, França, Alemanha, Reino Unido, Espanha, Japão, Coreia do Sul⁹, Austrália e Venezuela, escolhidos por representar diferentes estágios de consolidação da atividade em biotecnologia em regiões diversas.

Além disto, em cada país, buscou-se selecionar redes que permitissem explorar os conceitos tratados nos itens acima. Assim, as redes escolhidas podem ser agrupadas em dois grandes grupos: aquelas que apontam estratégias diretamente vinculadas à montagem da rede, mas não diretamente vinculadas à biotecnologia, como foi o caso dos Centros de Pesquisa em Engenharia e Ciência dos Materiais, dos Estados Unidos. Um segundo grupo foi formado pelas redes com alta aderência ao tema de biotecnologia e que apontam formas de organização que ressaltam as capacitações de diferentes atores; neste caso se enquadram os exemplos da EMBNet, PECES, as ações do RIKEN, da France Biotech, do Ministério de C&T da Coreia do Sul e do Reino Unido.

As principais experiências identificadas na busca foram as seguintes:

- EMBNet – European Molecular Biology Network, que reúne atores europeus e de outros países de fora da Europa com o objetivo de favorecer a troca de informações em biologia molecular.
- Rede de laboratórios para obtenção de produtos farmacêuticos e de interesse por meio da manipulação genética de algumas espécies de peixes (PECES). Esta rede reúne laboratórios espanhóis.
- Rede de estudos de moscas brancas, apoiada pelo British Council e pela Royal Society. Destaca a importância da atuação em rede dos pesquisadores espanhóis.
- Atuação do Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), da Alemanha, nos diversos programas voltados à bioinformática e pesquisa genômica.
- A France Biotech, rede de empresas e organismos de apoio para o desenvolvimento de empresas e de negócios em biotecnologia.
- Os diversos programas da National Science Foundation que incentivam a biotecnologia e a atuação em redes nos Estados Unidos: programa de centros cooperativos, a rede de pesquisa de longa duração em ecologia, o instituto de genoma operado pela Universidade da Califórnia e pelo Departamento de Energia,

⁹ No caso da Coreia do Sul foi analisado um documento descrevendo o Programa Nacional de Desenvolvimento da Biotecnologia - Biotech 2000 (ver bibliografia).

os centros nacionais de bioinformática e o programa Human Frontier Science. Foram também coletadas informações sobre os programas mantidos pelo Office of Science and Technology Policy em biotecnologia agrícola, segurança alimentar, genoma vegetal, bioética e bioenergia.

- No Reino Unido foram identificadas as atividades desenvolvidas pelo Biotechnology and Biological Sciences Research Council e pelo Medical Research Council, que incentivam áreas de atuação em biologia molecular e pesquisa em genoma humano.
- No Japão analisou-se um conjunto de ações do RIKEN, especialmente dos centros de pesquisa de fronteira, biologia, agronomia, ciências do genoma e bioinformática.
- As ações estratégicas orientadas para programas de pesquisa, de infra-estrutura e de financiamento para o desenvolvimento da biotecnologia na Coreia do Sul.
- Os programas implementados pelo Australian Research Council, especialmente em biotecnologia.
- Na América Latina buscou-se informação sobre a atuação da Venezuela, identificando-se o programa Agenda Biodiversidad.
- A atuação de alguns organismos internacionais como a UNESCO. Neste caso duas ações se destacam: a estruturação da Rede Global para Biologia Molecular e Celular, em 1989, que procura incentivar o uso dos avanços em biotecnologia para o controle e tratamento de diversas doenças, e o Centro Internacional para Cooperação em Bioinformática, que estimula o treinamento em bancos de dados, redes e análise de dados para estudos sobre genoma.
- A rede ONSA (Organization for Nucleotide Sequence and Analysis), constituída a partir do desenvolvimento do projeto de seqüenciamento da *Xylella fastidiosa*, no âmbito do Projeto Fapesp, no Brasil, atualmente integra outros projetos, como o do câncer humano e o do genoma Cana, conhecido por Sucest - Sugar Cane EST Genome Project. Seu objetivo é identificar 50.000 genes da cana-de-açúcar. De forma semelhante ao Projeto da *Xylella*, o Sucest envolve cerca de 60 laboratórios de seqüenciamento e de prospecção de dados (*data mining*) e 240 pesquisadores. A diferença é que já existe um acordo de cooperação para a análise funcional de genes da cana-de-açúcar entre o Sucest e a CropDesign, empresa de biotecnologia agrícola, criada na Universidade de Gent, Bélgica.

As informações buscadas nestes sites envolveram estratégia de criação, estruturação, financiamento, principais serviços ofertados, atores componentes e temas abordados pelas redes de biotecnologia.

Assim, em relação aos **temas**, observou-se que as redes abordam diferentes aspectos: produção de antígenos vacinais, hormônios e antivirais; estudos sobre funcionamento do cérebro (funções, envelhecimento, prevenção de doenças degenerativas e outras); controle da expressão gênica; estudos sobre genômica (comparativa, mitocondrial, computacional, funcional); estudos sobre estruturas funcionais de proteínas; bioinformática e seus usos; utilização de modelos matemáticos em seqüenciamento;

biomateriais; estudos sobre a organização de bancos de dados de seqüências; organização de grupos para reforçar o desenvolvimento de empresas de biotecnologia, entre outros (para maiores detalhes sobre os temas ver Anexo 1).

O **processo de criação** das redes pode ser considerado bastante variável, mas foi freqüente a identificação de experiências que evoluíram de estruturas informais de arranjos de indivíduos para troca de informações até a formação de estruturas de âmbito mundial trabalhando conjuntamente (como foi o caso da EMBNet, da Espanha). Em outros casos, a criação das redes foi decorrência de uma política governamental explícita que encorajava a transferência de tecnologia e a abordagem interdisciplinar, como pode ser observado na experiência dos Centros Cooperativos dos Estados Unidos. E, finalmente, em outros casos a criação das redes foi decorrência da atitude de organismos internacionais que tinham por objetivo estimular a promoção da biotecnologia em países em desenvolvimento, como foi o caso do Biotechnology Action Council, apoiado pela UNESCO.

Quanto ao **suporte financeiro**, algumas contaram com o apoio de financiadoras governamentais (o programa dos Centros Cooperativos e a Rede de Pesquisa Ecológica de Longo Prazo apoiada pela National Science Foundation nos Estados Unidos são exemplos); há redes cujo financiamento é feito pelos membros associados (caso da France Biotech para o desenvolvimento de PMEs em biotecnologia, ver Anexo 2); em outros casos, a fonte financiadora é um organismo internacional que apoia atividades relacionadas à montagem de banco de dados e análise de genes (caso da Centros para Cooperação em Bioinformática que reúne China, Índia, Israel, Polônia e Turquia e foi apoiada pela Unesco).

Quanto à **composição** destas redes, observa-se a presença de atores de diferentes ambientes: academia, firmas, instituições públicas de pesquisa, organizações não-governamentais, ministérios diversos, dentre outras. Mas há redes compostas só por empresas e organismos de apoio, especialmente apoio financeiro (ex.: France Biotech e KOGERA – Korean Genetic Engineering Research Association – e BAK – Bioindustry Association Korea). Em alguns casos, os membros da rede são definidos pelos países membros; em outros pelas instituições componentes.

O número de membros varia: 34 nós no caso da EMBNet da Espanha; 17 centros no caso do Programa dos Centros Cooperativos dos Estados Unidos; 50 membros ativos (empresas) e outros 12 membros associados (organismos de financiamento) no caso da France Biotech; entre 19 e 56 empresas nos casos dos agrupamentos da Coréia; 1.100 pesquisadores e estudantes na Rede de Pesquisa Ecológica de Longa Duração nos Estados Unidos; vários institutos de pesquisa de países desenvolvidos e em desenvolvimento que compõem a MIRCEN – acrônimo para Mircen Network in Environmental, Applied Microbiological and Biotechnological Research ou mesmo os 155 membros da Third World Network of Scientific Organization que criou um programa para incentivar a biotecnologia em países em desenvolvimento

A **dinâmica de operacionalização** destas redes é bastante variável. No caso da EMBNet da Espanha ela conta com um comitê-executivo, comitês de projeto e adota o procedimento de realização de reuniões anuais nas quais participam representantes de cada nó para decidir a orientação das pesquisas a serem realizadas. Já os Centros Nacionais para Bioinformação, dos Estados Unidos, realizam duas reuniões por ano para revisar a pauta de pesquisa. Os diferentes programas incentivados pela

UNESCO na área de ciências da vida (o que inclui a Rede Internacional em Biociências, a Rede em Biologia Celular, um Conselho em Biotecnologia e a Rede Global de Centros de Recursos Microbiais) mantêm, como estratégia de troca de informações e expertise, cursos de treinamento, realizam *workshops* e elaboram projetos em bases cooperativas.

No caso da France Biotech, a difusão de informações se dá por meio de seminários e encontros em laboratórios públicos ou privados, de documentos escritos ou eletrônicos, de publicação de anuários de empresas de biotecnologia (duas edições) e de colóquios anuais. No Reino Unido, a biotecnologia encontra-se de tal forma disseminada na comunidade científica que o Conselho (Council) responsável pelas atividades nesta área, recentemente, teve sua denominação alterada para Biotechnology and Biological Sciences Research Council. Muitas destas redes exploram as vantagens da operação virtual, o que permite contar com diferentes componentes e capacitações, ao mesmo tempo em que viabilizam a troca de informações em ritmo mais rápido. Talvez o caso mais interessante seja o da rede ONSA, uma rede virtual cujo objetivo é a produção das seqüências dos genes ora em estudo e a discussão dos resultados via Internet, graças ao desenvolvimento de uma eficiente estrutura em bioinformática (ver Anexo 3).

As redes em biotecnologia (e outras áreas) fornecem diferentes **serviços** para seus membros e para outros usuários. No caso da EMBNet destaca-se a disponibilização de infra-estrutura para cursos de treinamento, o desenvolvimento de *softwares* em biocomputação, o fornecimento de suporte (como bases de dados e *softwares* atualizados) e, para outros usuários, a publicação de *newsletters*. A Rede de Pesquisas sobre Moscas Brancas organiza *workshops*, reuniões, publica boletins e mantém uma página na Web com o objetivo de manter seus membros atualizados e de divulgar para usuários e autoridades relevantes os resultados alcançados. Da mesma forma, a Global Network for Molecular and Cell Biology, apoiada pela UNESCO, apóia a realização de projetos cooperativos, palestras e *workshops* nas e entre as instituições participantes; enquanto o Programa de Genoma Humano, também apoiado pela UNESCO, concentra esforços na capacitação de pessoal, fornecendo bolsas e oportunidades para jovens pesquisadores de países menos desenvolvidos realizarem seu treinamento em países da Europa. Uma outra maneira de ofertar serviços é adotada pelos Centros Cooperativos nos Estados Unidos, que têm a biotecnologia como uma de suas áreas; eles exploram vantagens de escala, duração, instalações, relações colaborativas ao facilitar a transferência de tecnologia entre academia, empresas e laboratórios nacionais.

Percebe-se que não existe um modelo ou um padrão a ser seguido ou copiado, seja qual for a área de atuação. A organização de uma rede depende do objetivo e/ou motivação para que ela seja constituída. O que se pode notar é que cada vez mais se privilegia redes virtuais em lugar de se construir infra-estrutura específica, geralmente cara, para o desenvolvimento de pesquisa e/ou atividades afins e mesmo para o contato entre os diversos e diferentes atores da rede.

O exemplo da rede ONSA, no Brasil é um dos mais felizes, dado que, a partir de uma organização extremamente simples, possibilita a troca de informações e de elementos complexos por meio virtual, entre laboratórios espalhados pelo país. Para se ter uma idéia de sua concepção, no mesmo instante em que um pesquisador coloca na rede sua contribuição – uma parte de um seqüenciamento, por exemplo, sua participação

no trabalho como um todo e numa possível divisão de *royalties* é automaticamente calculada, considerando-se, inclusive, a importância de sua contribuição.

No caso de redes cujo objetivo é o estabelecimento de políticas públicas, estratégias de indução de ações, planejamento e/ou priorização de atividades, há que se conceber, talvez, um outro tipo de arranjo, no qual o compromisso entre os atores e o estímulo à participação são fundamentais para a realização das atividades de consulta, de organização de tarefas etc. (vide o caso do Prospectar, do próprio MCT). Nesse caso, é essencial conhecer os grupos passíveis de conformarem uma rede e a capacidade de cada um em responder a demandas advindas do contexto da C&T&I. Não há fórmulas prontas, nem redes estabelecidas a serem copiadas, mesmo porque uma das características mais importantes e interessantes das redes é justamente sua capacidade de ser flexível e dinâmica em sua organização. Há sim que existir verdadeiros estímulos a que atores certos participem de propostas justas, coerentes e ensejadas de forma propícia.

A seguir, é apresentado e discutido instrumental de apoio à organização e planejamento de ações e políticas voltadas à promoção da moderna biotecnologia no país.

4. INSTRUMENTOS DE APOIO À DEFINIÇÃO DE POLÍTICAS EM BIOTECNOLOGIA

A partir do discutido acima, um dos pontos críticos de qualquer ação destinada a estimular arranjos entre diferentes atores do processo de inovação é a capacidade de monitoramento de ambientes em rápida mudança técnico-científica. A percepção de tendências vai ao encontro de conceitos cada vez mais disseminados, como é o caso do *technology foresight* que, *grosso modo* e como será discutido mais adiante, é a tentativa de se construir hoje as condições necessárias para um adequado desenvolvimento futuro daquilo que se elegeu como prioridade – diferentemente do *forecasting*, que, através de cenários, entre outros métodos, procura quase que “adivinhar” o futuro e buscar os caminhos para atingi-lo.

A capacidade de perceber as transformações do meio (*awareness*)¹⁰ é um requisito fundamental para a adoção de políticas públicas voltadas à inovação. O desafio é, muitas vezes, propor a abertura de novas frentes de inserção em atividades de pesquisa ou mesmo em nichos de mercado a um conjunto de atores. Na maioria das vezes, tais atores mantêm rotinas que visam sustentar trajetórias em atividades já consolidadas e que, portanto, permitem a redução de erro na tomada de decisões – postura que dificulta a percepção de novas oportunidades de ação institucional e de articulação entre instituições de distintas especialidades.

“Para viabilizar a prática de *awareness* é necessário ter agilidade para perceber seletivamente as demandas externas e implementar ações que respondam a essas demandas. Essa lógica, mais do que dotar uma organização de capacidade de resposta, deve principalmente criar rotinas de busca ativa, ou seja, mecanismos institucionais de permanente vigília dos horizontes científicos e das oportunidades tecnológicas. Tais mecanismos devem monitorar sistematicamente o ambiente externo para além de práticas imediatas. As rotinas de busca criam uma capacidade de percepção direta - e por vezes intuitiva - do que pode vir a ser útil e importante. Não se exige desse procedimento o domínio pleno e completo do universo de conhecimentos (científicos, técnicos, de mercado) que estão por trás das informações captadas pelo monitoramento, mas sim uma habilidade de divisar e orientar novos caminhos de evolução e atualização institucional. Com isto, organiza-se um sistema que não apenas responde, mas se antecipa às mudanças e interfere no seu rumo” (Albuquerque & Salles-Filho, 1998).

Para isso, são necessárias agilidade e aptidão para enfrentar, participar e interferir nas mudanças, cuja base é o trabalho cooperativo, a organização em redes e a tentativa de estruturar tal sistema de antecipação das mudanças (que será visto adiante), aspectos que exigem, independentemente do método a ser adotado: a identificação e a promoção de competências; a articulação de competências; a articulação de ações; o monitoramento e identificação de prioridades e oportunidades; a organização de projetos e programas; a avaliação; e, posteriormente, a integração de habilidades de diferentes naturezas, desde as relativas ao campo científico e tecnológico, até as referentes à produção, ao mercado, à organização institucional.

¹⁰ As definições dos conceitos a seguir foram adaptadas de Albuquerque & Salles-Filho (1998).

a) a metodologia de *technology foresight*

Se compor redes de pesquisa pressupõe monitoramento permanente do ambiente e flexibilidade (isto é, capacidade de organizar distintas áreas e de articular diferentes organizações), a biotecnologia ilustra bem essas necessidades. Como visto acima, a metodologia de redes permite a identificação dos atores relevantes e seu modo de operação (redes densas, longas, incompletas e outros), mas, como não incorpora a atividade de *awareness* é necessário contar com instrumentos que operacionalizem as ações de monitoramento e de implementação de políticas para as áreas de atuação.

Uma das alternativas é a incorporação de técnicas de prospectiva e de priorização para avaliar cenários futuros alternativos, entretanto, de forma diferente do *forecasting* (ver a seguir). O objetivo é a seleção de temas prioritários de pesquisa com viabilidade de execução. Este exercício deve indicar e, se possível, já envolver desde o início, as fontes de financiamento que apoiarão o projeto, assim como o compromisso dos atores envolvidos no processo.

A definição das prioridades de pesquisa passa a representar uma ação central nas estratégias de inovação. As prioridades articulam demandas, competências e a coordenação das redes de pesquisa. Entendido como elemento orientador e indissociável de interações mais amplas, um processo que visa à definição de prioridades deve atuar sobre a coordenação das redes e mobilizar os atores relacionados para a mudança, em direção a um comportamento dinâmico e voltado para a competitividade. Para realizar um trabalho de levantamento e de monitoramento de áreas de grande dinâmica tecnológica, como é o caso da moderna biotecnologia, assim como estimar futuros desenvolvimentos técnico-científicos, notadamente a médio prazo, uma das mais interessantes metodologias é a do *technology foresight* (TF).¹¹

O TF surge como uma nova leitura do *forecasting*, procurando introduzir elementos mais dinâmicos a esse conjunto de ferramentas. Por exemplo, introduz-se os conceitos de redes de inovação e faz-se possível a análise do papel dos diferentes agentes que se articulam nos sistemas de inovação. Ou seja, procura-se discutir a interação e a comunicação entre tais agentes na tentativa de priorizar atividades pela exploração do futuro, em contraposição à tentativa de predição proposta pelo *forecasting*.

Diferentemente do *foresight*, o *forecasting* possui uma conotação próxima de predição, remontando a uma tradição envolvida prioritariamente com a construção de modelos para definir as relações causais dos desenvolvimentos científicos e tecnológicos e esboçar cenários probabilísticos do futuro. Atualmente, entende-se cada vez mais os desenvolvimentos futuros como um resultado sistêmico de múltiplos fatores e que decisões devem levar em conta elementos de cunho político-

¹¹ Os sub-itens a seguir estão baseados em discussões realizadas por M. Zackiewicz, doutorando do DPCT/IG e pesquisador associado do GEOPI/DPCT, em três trabalhos: *A definição de prioridades de pesquisa a partir da abordagem de technological foresight*. Dissertação de Mestrado, DPCT/Unicamp, 2000, Campinas; Albuquerque, R. H. et al. (2000) ‘Definição de Prioridades de Atividades de Pesquisa: a utilização do Technological Foresight em estudo realizado na Embrapa Suínos e Aves’. *XXI Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica*, CD rom, São Paulo, 2000 e Salles-Filho, S. L.; Mello, D. e Zackiewicz, M. (2001) “Organização da Inovação e Cooperação Regional”. *Relatório Parcial*, GEOPI/DPCT/Unicamp, Procisur, 2001, 48 p.

sociais e não apenas obedecer a resultados técnicos. Ao enfatizar-se a importância da combinação de resultados de diversos métodos, ganha-se em flexibilidade e reduz-se o caráter determinista tradicionalmente associado ao *forecasting*.

De toda forma, vale ressaltar que algumas das ferramentas tradicionais de *forecasting*, como os modelos quantitativos e extrapolações, podem ser apropriadas em certas condições, por exemplo, em situações de estabilidade sócio-econômica, porém são problemáticas em períodos de crise e em ambientes turbulentos, como têm sido a regra em diversos países nas últimas décadas. Também apresentam dificuldade em lidar com campos do conhecimento emergentes e em rápido desenvolvimento, com resultados aparentemente inesperados, como os advindos das tecnologias de informação e da biotecnologia. Para superar interpretações inadequadas, reducionistas e que podem levar a decisões equivocadas, é necessário aumentar a capacidade de resposta a novas situações e melhor entendimento dos processos de mudança. Porém, isto não quer dizer que estas ferramentas devam ser totalmente abandonadas. Elas podem ser aperfeiçoadas, levando em consideração sua utilização para estes objetivos. Isto implica em conhecer suas limitações e condições de aplicação e levar em conta a extensão e a confiabilidade dos resultados obtidos a partir do uso de cada uma.¹²

O TF é definido como “um meio sistemático de avaliar aqueles desenvolvimentos científicos e tecnológicos que podem ter um forte impacto sobre a competitividade industrial e agropecuária, a criação de riquezas e a qualidade de vida” (Georghiou, 1996). É um “processo para ajudar na identificação futura de prioridades de pesquisa pela consideração e combinação das perspectivas do *science push* e do *demand pull*” (McLean *et al.*, 1998). Ou seja, esta abordagem permite refletir sobre questões de particular importância para o objeto em questão, procurando capturar os benefícios de se trabalhar tanto tendo como diretrizes as necessidades dos usuários/clientes, como o aproveitamento de oportunidades tecnológicas.

“Esta abordagem trata de buscar uma visão compartilhada de quais seriam as mais importantes demandas de pesquisa e inovação em um futuro próximo de modo que se possa estabelecer prioridades, ao mesmo tempo que articula diversos atores em torno da problemática de um futuro incerto e dos condicionantes da competitividade social, que inclui a todos e tem como objetivo final a melhoria da qualidade de vida dos envolvidos. Sua implantação estaria pautada, nas palavras de Martin *et al.* (1998), em possibilitar processos que levem à comunicação, consenso, concentração, coordenação e compromisso. Em síntese, o foresight atua na negociação das demandas e também nas próprias condições do ambiente institucional, promovendo uma desejável macrocoordenação. O *foresight* procura, a partir da óptica evolucionista do entrelaçamento indissociável das transformações tecnológicas, econômicas e sociais, dar um sentido coordenado a estas transformações, tentando estabelecer um futuro comum a partir das contribuições daqueles que estão na fronteira das mudanças possíveis e desejáveis e da negociação entre os diversos

¹² Os trabalhos de *forecasting* podem fazer parte de uma abordagem de *foresight*, esta última emprestando para aqueles coerência em relação às “externalidades”, isto é, aos aspectos que não são considerados pelos métodos utilizados ou são minimizados ou até suprimidos por hipóteses *a priori*. Assim, quando conduzidos em sintonia com os princípios do *foresight*, estes podem trazer valiosas contribuições, fornecendo bases de dados, revelando causalidades etc., ajudando a melhorar o entendimento dos atores participantes sobre os objetos e possibilidades em questão.

pontos de vista e interesses existentes” (Zackiewicz, 2001).

Ou seja, o exercício de *foresight* consiste num processo pelo qual procura-se chegar a um entendimento mais completo das forças que moldam o futuro das instituições e que devem ser levadas em consideração nas tomadas de decisão, planejamento e formulação de políticas mais apropriadas, mais flexíveis e mais robustas em sua implementação.

Tendo como pano de fundo um contexto de mudança, o *foresight* pode assumir seis funções complementares (Martin & Irvine, 1989):

Na **Tomada de Direção** – auxiliar na definição das grandes linhas de ação e de uma agenda de pesquisa científica e tecnológica;

Na **Definição de Prioridades** – identificar e selecionar os desenvolvimentos mais promissores para pesquisa e desenvolvimento;

Na **Capacidade de Antecipação** – construir conhecimento de fundo sobre as tendências emergentes no campo e suas possíveis implicações;

Na **Geração de Consenso** – permitir acordos entre diferentes agentes, por meio de processos sistemáticos de análise e consulta com a participação das comunidades técnico-científica e empresarial;

Na **Mediação de Conflitos** – promover um melhor equilíbrio entre os grupos de interesse, evitando que aqueles mais bem organizados institucional e politicamente sobrepujem campos emergentes e promissores;

Na **Comunicação e Capacitação** – promover a comunicação entre a comunidade científica e desta com outros setores da sociedade. De uma maneira mais ampla, contribuir para a capacitação e difusão de informações pelo público em geral.

Para tanto, a prática do *Foresight* se dá em três domínios de ação:

- No **Planejamento**, ao influenciar decisões e impactar a definição de competências e de atividades prioritárias de pesquisa e serviços, inclusive nas iniciativas de caráter estratégico;
- Na **Coordenação**, ao articular competências internas e externas (redes de pesquisa e serviços), com as fontes de financiamento e a comunicação com o público alvo;
- Junto às **Demandas**, identificando-as, negociando-as e procurando proporcionar respostas satisfatórias às mesmas.

O processo envolve o reconhecimento explícito que o desenvolvimento técnico-científico depende de escolhas feitas pelos atores no presente, isto é, não está determinado apenas por alguma lógica intrínseca, nem acontece de maneira independente e aleatória. Em outras palavras, há trajetórias que dão direção às mudanças. A abordagem proposta prevê a “construção” interativa do futuro em uma sucessão de visões e interpretações desse futuro que podem ser paulatinamente aperfeiçoadas, com a participação de representantes das diferentes categorias envolvidas, de modo a tentar antecipar-se aos avanços e influenciar na orientação das trajetórias identificadas, o que significa lançar-se à frente e garantir a excelência e legitimidade das decisões e, por extensão, de seus resultados.

Alguns críticos de trabalhos de *foresight* apontam que, ao sofrerem de falta de rigor metodológico e analítico, estes levam à superficialidade dos resultados, não

conseguindo avançar além do óbvio. Nestes casos, a incorporação de metodologias mais refinadas para obter informações para dar a base ao início do processo, para construir cenários mais verossímeis e mesmo para tratar os resultados quantitativos obtidos poderia elevar significativamente a qualidade e a credibilidade do trabalho.

De qualquer maneira, pode-se dizer que as palavras-chave deste método são negociação, compromisso e coordenação e, portanto, a organização de redes e sistemas e a construção interativa do futuro.

b) instrumentos para a operacionalização da metodologia

Apresentados e discutidos as vantagens e os limites do *Technology Foresight*, que acredita-se ser um dos mais indicados referenciais para o planejamento e monitoramento de ambientes em rápido processo de transformação, como é o caso da moderna biotecnologia, apresenta-se a seguir algumas ferramentas para a sua aplicação.

i) reuniões presenciais

As reuniões presenciais, assim como todos os outros ferramentais que serão a seguir discutidos, não são excludentes. Pode-se, portanto, aplicar num mesmo estudo dois ou até três dos métodos aqui apresentados, sendo que as reuniões presenciais são um dos instrumentos cada vez mais utilizados em trabalhos de prospectiva, de ajuda à decisão, de definição de prioridades e de monitoramento de ambientes em rápida transformação.

Frente à aplicação do método Delphi, por exemplo, as reuniões presenciais podem se apresentar muito mais atraentes quanto ao aspecto temporal, aos custos e ao foco do objetivo a ser alcançado. As vantagens das rodadas Delphi se situam, notadamente, na comunicação estruturada, no anonimato dos participantes, no retorno dos resultados aos participantes após cada etapa do processo interativo, nas respostas estatísticas baseadas no grupo e, talvez o ponto mais importante, na não obrigatoriedade de se buscar a opinião de somente especialistas para um determinado tema de discussão. Entretanto, trazer um *expert* para fora de seu habitat rotineiro e de seu campo de estudo e/ou trabalho, colocando-o em contato com outros especialistas de áreas correlatas, pode ser muito mais enriquecedor, eficiente e rápido que se o mesmo especialista responder a um questionário, em seu próprio ambiente de trabalho, não sendo questionado quanto às concepções que norteiam seu objeto de estudo. Entretanto, muitas vezes, é difícil reunir um número elevado de pessoas para discutir aspectos relativos à definição de prioridades de um determinado programa de pesquisa, por exemplo. Mas esse também é outro aspecto a ser considerado – a amplitude do estudo.

Por meio de percepção advinda de experiências anteriores, pode-se afirmar que quanto mais aberto for o escopo de estudo, maior será a dificuldade de se obter um resultado plausível de ser aplicado e/ou de servir de subsídio à definição de políticas, por exemplo. O que se quer dizer com isso, é que o importante é que o objeto a ser tratado, apresentado, discutido, debatido etc. seja muito preciso, muito claro, para não dar margem a divagações e sugestões não pertinentes com o objetivo do trabalho. E isso geralmente está relacionado a discussões sobre pontos bem definidos e

focados e não a questões genéricas e abertas, que dificilmente conduzirão a ações bem definidas. Mas o contrário também pode ter o mesmo efeito negativo – questões voltadas a aspectos técnicos e/ou sobre um detalhe muito preciso, que só um especialista da área pode discutir ou opinar, geralmente não aporta resultados passíveis de serem transformados em ações mais concretas de política. Aí está portanto um desafio – deve-se buscar focar bem o objeto, o objetivo e o escopo do trabalho, mas sem cair na armadilha do detalhe técnico, o qual impede, muitas vezes, o entendimento global de um estudo, trabalho ou projeto.

Isso não é novidade. Solleiro (1997) já tinha chamado a atenção para a questão da definição clara de objetivos e critérios a serem adotados em metodologias para priorização, quando utilizou uma citação de Zangemeister, de 1970: “a seleção de critérios e objetivos é crítica, já que é mais importante a seleção de objetivos corretos que a de sistema correto, pois se se parte de objetivos falsos, resolve-se um problema irrelevante, enquanto que se se elege um sistema não adequado sobre objetivos corretos, o pior que pode acontecer é gerar um sistema que não é ótimo. Por isso, o ponto de partida crítico para executar um exercício de definição de prioridade é o de identificar um objetivo que aporte o marco de referência para a determinação de prioridades” (Solleiro, 1997:26).

E nesse caso, as reuniões presenciais, organizadas de forma a que os especialistas ali reunidos discutam o objeto não somente a partir de um ponto de vista mais estreito, e sim por meio de debates orientados, workshops, reuniões de grupos etc., representam um instrumental dos mais interessantes a ser aplicado em estudos de monitoramento de ambientes em rápida mudança e de definição de políticas e de prioridades para diversas áreas do conhecimento.

Algumas das limitações do método de reuniões presenciais podem ser contornadas com a adoção do método Delphi e outros que serão comentados a seguir.

ii) o método Delphi

A partir do final dos anos 80, ocorreu uma proliferação de programas com o objetivo de discutir e construir o futuro das atividades de ciência e tecnologia em diversos países.¹³ De um modo geral, estes estudos se caracterizaram por contar com a participação de especialistas de institutos de pesquisa e da indústria e por abranger uma grande diversidade de temas, com grau variado de generalidade e relativa flexibilidade metodológica, ocorrendo uso destacado do Método Delphi.

O Método Delphi vem sendo o instrumento privilegiado na execução de processos de *foresight*. Delphi, cujo nome é uma referência ao oráculo da cidade de Delfos na Antiga Grécia, é um procedimento desenvolvido pela RAND, nos EUA, na década de 50, para obter consenso em um grupo de especialistas. Assim como encontros para discussões presenciais, o Delphi explora a experiência coletiva dos membros de um grupo em um processo interativo. Entretanto, o método evita várias das armadilhas das conferências presenciais ao estruturar a comunicação em um único formato. Segundo Linstone e Turoff (1975), “o Delphi pode ser caracterizado como um

¹³ Entre eles destacam-se Japão, Alemanha, Reino Unido, Austrália, Nova Zelândia, Itália, França, Espanha, Países Baixos e Áustria.

método para estruturar um processo de comunicação de um grupo, de modo que o processo seja efetivo em permitir que este, como um todo, lide com um problema complexo”.

Novamente comparando-o com conferências ou comitês de discussão, o método provê: a) comunicação estruturada, b) anonimato dos participantes, c) retorno das respostas obtidas aos participantes após cada etapa do processo interativo, d) respostas estatísticas baseadas no grupo. Talvez o aspecto mais importante, entretanto, seja a possibilidade de se buscar a opinião não somente de especialistas no tema colocado para discussão, mas de permitir a participação de um grupo maior de pessoas que fornecem informações complementares, mas não menos importantes, sobre o assunto.

O Delphi convencional é a base para muitas variações posteriores que vêm sendo desenvolvidas, dada a flexibilidade inerente do método e as necessidades específicas de cada caso de aplicação. A base do método envolve um questionário que é elaborado por uma equipe de coordenação (monitores ou facilitadores) e enviado a um grupo de especialistas participantes previamente selecionados. Assim que estes retornam, a equipe coordenadora contabiliza as respostas, elabora um novo questionário e envia os resultados e as questões revisadas aos mesmos participantes para uma nova interação. Os especialistas têm então a oportunidade de rever suas opiniões à luz das de outros participantes, em anonimato, fornecendo um novo julgamento, agora revisado. O processo se repete até que se atinja um “estado estacionário”, isto é, o consenso (Webler *et al.*, 1991). Atualmente, se reconhece que as razões apresentadas por participantes que se mantêm como não concordantes também trazem informações importantes; assim, opiniões dissidentes também são levadas em consideração, em detrimento ao imperativo do consenso (Georghiu, 1996).

Em linhas gerais, este método é um instrumento de consulta e de comunicação que possibilita, segundo Georghiu (1996):

- acesso à percepção das comunidades empresariais e de C&T sobre desenvolvimentos futuros em mercados e tecnologias;
- articulação dos compromissos com os resultados e o consenso sobre os desdobramentos estratégicos;
- informar às comunidades empresariais e de C&T sobre as principais questões levantadas pelos participantes do programa e como os pares avaliam tais questões.

A seleção dos participantes envolve dois aspectos: identificar os especialistas e selecionar quais devem participar. Um grupo incapacitado ou sub-representado poderá comprometer todo o processo. Os possíveis erros do questionário vão sendo corrigidos rodada a rodada. Para se atingir resultados legítimos é importante que todos os pontos de vista relacionados estejam representados. Deve-se estar atento a diferenças culturais e de caráter cognitivo. Os questionários inevitavelmente carregam um alto grau de subjetividade, e se os especialistas não compartilharem da mesma cultura, as questões poderão ser interpretadas diferentemente. Para aliviar estas distorções, uma alternativa é assegurar a diversidade na composição do grupo de participantes, na esperança que elas se cancelem mutuamente.

Também deve-se cuidar para que o grupo de coordenação não seja tendencioso, fato

que também pode comprometer todo o processo. A coordenação encontra-se em posição privilegiada, ao compor o questionário inicial. Porém, deve-se ficar atento para que as versões subseqüentes não incorporem informações falaciosas, alterando o julgamento dos participantes. Isso pode ocorrer, caso a coordenação tenha interpretações subjetivas e viéses culturais, que se expressam na análise dos resultados e na apresentação das conclusões.

O método Delphi tem sido usado para solucionar incertezas sobre condições e tendências futuras, revelando relações de causalidade e explorando cenários plausíveis. Sua aplicabilidade é maior em casos envolvendo questões científicas e tecnológicas e valores sociais; casos em que outras abordagens dificilmente conseguem tratar simultaneamente. O método não fornece uma resposta analítica, precisa, mas sim um apanhado sistemático de opiniões de uma amostra relevante de especialistas, ainda que induza a um consenso que muitos autores julgam artificial.¹⁴ Isto colaborou para uma certa descrença no uso do Delphi como ferramenta de predição de tendências, sendo acusado de inconsistente do ponto de vista teórico, por ser de reprodutibilidade questionável e por levar a resultados contingenciais. Entretanto, num contexto de *foresight* estas preocupações tornam-se secundárias em relação às vantagens que pode oferecer a comunicação estruturada pelo método. Os processos de *foresight* foram, desta forma, responsáveis pela atual recuperação do interesse no uso do Delphi.

É importante destacar que não existem fórmulas prontas para se executar um bom exercício de Delphi. A prática mostra que é essencial uma boa amostra de especialistas, cuidadosamente elaborada; um grupo de coordenação com boa capacitação e entendimento do assunto tratado, mas com postura de máxima neutralidade; a qualidade e precisão do questionário inicial é fundamental, sem as quais o processo pode se desviar de seus objetivos, prolongar-se demasiadamente e/ou sofrer evasão dos participantes. A experiência e o estudo de casos são as melhores formas de se conduzir processos Delphi com sucesso.

iii) modelos multicritério

Os atuais métodos de avaliação e apoio à decisão multicritério desenvolveram-se a partir do campo da Pesquisa Operacional, no período pós-guerra nos EUA, atendendo as demandas militares da época, no tratamento de problemas envolvendo tomada de decisões. São resultado do esforço de formalizar tratamentos matemáticos para lidar com a questão bastante antiga de como percepções e preferências individuais, dado certo conjunto de fatores, se relacionam e se inserem em um sistema coletivo de decisão.

Com os Métodos de Apoio Multicritério à Decisão (MAMD), os processos decisórios complexos passaram a ser analisados sob dimensões de abrangência e realismo até então não disponíveis, embora assumindo explicitamente suas limitações e a impossibilidade de poder “controlar” o fenômeno social. O estudo desses métodos tornou-se um campo científico independente e em expansão e, na prática, as modelagens multicritério passaram a encontrar aplicações em um número cada vez

¹⁴ Para detalhes sobre estas e outras limitações do *Delphi*, ver Webler (1991) e Gupta e Clarke (1996).

maior de situações.

Para Roy e Bouyssou (1993), os MAMD procuram responder às seguintes necessidades:

- obter respostas considerando as questões enfrentadas por cada ator do processo decisório;
- explicitar cada ação potencial;
- explicitar a coerência existente entre a evolução do processo decisório, os objetivos e o sistema de valores de cada um dos seus atores.

Desse modo, os MAMD não são métodos de otimização. Em função das preferências dos agentes de decisão e dos objetivos pré-definidos (não raro conflituosos), seu problema central consiste em selecionar as melhores alternativas, aceitar alternativas que pareçam boas, descartar as que pareçam ruins e, se for o caso, gerar uma ordenação das alternativas consideradas.

Atualmente, é prática corrente considerar estes métodos como métodos de apoio à decisão, isto é, como métodos que permitem, por meio de processos participativos, construir e organizar uma estrutura cognitiva do problema em questão, avaliá-lo sob diversos prismas, ponderar e hierarquizar suas variáveis, sem substituir a tomada de decisão. Não se espera que estes métodos forneçam uma solução objetiva independente dos atores envolvidos e do processo conduzido para se chegar às respostas.

Existem muitos modelos de agregação multicritério, uns mais adequados para certas situações e inadequados para outras. Em geral, são quatro os tipos de situação normalmente encontradas e, para cada uma delas, os métodos são estruturados para lidar com determinados aspectos (Roy e Bouyssou, 1993):

Problemas de Escolha – o tratamento tem o objetivo de facilitar a decisão pela seleção de um subconjunto restrito de possibilidades, contendo as melhores opções ou, no mínimo, as satisfatórias, visando a escolha final de uma delas. Resultam na escolha de uma alternativa ou em um procedimento de seleção;

Problemas de Triagem – quando têm o objetivo de esclarecer a decisão ao realizar uma triagem das ações possíveis em relação a categorias ou classes definidas *a priori* em função de normas ou critérios aplicáveis ao conjunto de alternativas. O resultado do processo será uma triagem ou um procedimento de alocação;

Problemas de Ordenação – auxiliam a decisão por meio de classificação das opções em classes de equivalência ou em ordenação segundo as preferências. Fornece uma lista de prioridades ou um procedimento de classificação;

Problemas de Descrição – auxiliam a decisão fornecendo uma descrição das possíveis ações e suas conseqüências. Fornece uma descrição das opções ou um procedimento cognitivo.

Deve-se ter claro todavia que esta tipologia não oferece uma divisão estanque dos tipos de problema, serve apenas para melhor direcionar a utilização dos

procedimentos metodológicos e a interpretação dos resultados.

A operacionalização dos MAMD pode ser dividida em três etapas, a saber:

- entendimento e delimitação do problema e construção dos critérios;
- aplicação do algoritmo de agregação das preferências;
- testes de sensibilidade ou robustez e/ou interpretação dos resultados.

Destas, à Etapa 1 corresponde o maior grau de importância e influência na qualidade de todo o processo. Nesta etapa, as percepções acerca do problema devem ser decodificadas em uma estrutura de critérios organizada em um todo suficiente e coerente que descreva da melhor forma possível os diferentes aspectos relacionados ao problema.

A Etapa 2 compreende a aplicação de procedimentos lógicos (algoritmos) que permitam a ponderação e a hierarquização de preferências, por meio de comparações entre as variáveis atribuídas aos critérios adotados. Para isso, como já foi dito, existem muitos métodos. Duas escolas se destacam: a escola norte-americana – Método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) – e a escola francesa – Métodos da família Electre (*Élimination et Choix Traduisant la Réalité*).

A Etapa 3 consiste em avaliar a robustez dos processos de agregação e conduzir testes de sensibilidade (ou outros procedimentos, dependendo do método). Finalmente, é oportuno interpretar as informações geradas tendo em mente que estas normalmente ultrapassam as indicações quantitativas dos impactos e fornecem mapas de percepções, inter-relações e causalidades importantes.

Os MAMD podem ser de grande utilidade se utilizados como aglutinadores das contribuições oriundas de variadas fontes. A partir de uma boa base de dados sobre atividades de C&T pode-se criar variáveis descritivas agregadas – as ferramentas estatísticas multivariadas como a análise fatorial e a construção de agrupamentos (*clusters*) são especialmente poderosas para essa tarefa – e variáveis tendenciais agregadas – as quais podem sair da combinação de extrapolações, curvas de tendência, modelos econométricos etc.. Em um MAMD estas variáveis agregadas tornam-se critérios que podem ainda ser completados com outros, derivados, por exemplo, de proposições normativas obtidas de cenários, de políticas com intencionalidade explícita e de fatores como risco, custo, urgência, necessidade, factibilidade, relevância estratégica etc..

Os métodos multicritério admitem facilmente uma operacionalização participativa. Pode-se, por exemplo, utilizar questionários Delphi para construir critérios, atribuir-lhes pesos e avaliá-los, em duas ou mais interações, de modo a buscar consenso nas relações de preferência estabelecidas. É importante destacar que para hierarquias ou famílias muito grandes, com grande quantidade de subdivisões, pode-se realizar avaliações parciais, com questionários e amostras independentes, e agregá-las em etapas subsequentes, mais abrangentes e menos detalhadas, inclusive variando a amostra participante. Este equilíbrio entre o detalhe e o genérico faz parte das definições que precisam ser tomadas para uma boa condução do processo.

A utilização de modelos multicritério para a prospecção em C&T, notadamente sob a

abordagem de *foresight*, é ainda restrita a poucas e pontuais experiências, dentro de um escopo bastante limitado da utilização das potencialidades que se apresentam.

iv) a estruturação de plataformas tecnológicas e inovativas

Plataformas são arranjos coletivos nos quais são envolvidos os atores relevantes para se promover o desenvolvimento tecnológico e a inovação (quando for o caso). Esses atores são colocados em uma mesma mesa para definir os termos que devem orientar a organização de um projeto de pesquisa sob um determinado tema. Por exemplo, se define a área estratégica “biodiversidade” e, dentro dela, o tema banco de germoplasma, deve-se, primeiramente determinar os atores relevantes, para em seguida colocá-los em contato durante alguns meses para que desenhem a estratégia de abordagem do problema e proponham os termos nos quais um projeto naquele tema deva ser implementado na região. Chega-se ao final do processo com um projeto bem definido e que prima pela viabilidade de execução. A própria definição final de quem deverá estar envolvido no projeto é também um resultado da plataforma. Mais do que isto, o exercício deve indicar e, se possível, já envolver desde o início, as fontes de financiamento que apoiarão o projeto.¹⁵

Uma vez eleito um tema prioritário, deve-se observar os seguintes procedimentos para a organização de uma plataforma:

Etapa preparatória

- identificar os atores que teoricamente deveriam estar presentes numa determinada plataforma (ou tema prioritário);
- avaliar a real disponibilidade dos atores para participarem assiduamente do exercício da plataforma;
- avaliar as formas de incentivo e estímulo à participação dos atores em tal exercício;
- avaliar os custos e a logística necessários para se promover a integração desses atores;
- descrever o tipo de resultado esperado para cada plataforma e o tempo para sua execução; e
- examinar as possibilidades dessa plataforma vir a se constituir numa rede permanente de referência para o tema em questão e sugerir estratégias de consolidação dessa rede.¹⁶

Pode-se recorrer a consultores *ad hoc* para a definição dos atores que deverão

¹⁵ Uma plataforma de pesquisa pré-industrial e de transferência de tecnologia, denominada IMVT (Innovation moléculaire à visée thérapeutique ou inovação molecular visando a terapêutica), foi criada no Instituto de Biologia do Desenvolvimento de Marseille (Institut de Biologie du Développement de Marseille, IBDM). Ela está equipada com uma estação robótica e com um robô de síntese química, o que permite aos pesquisadores conduzirem projetos de pesquisa orientados a aplicações industriais.

¹⁶ Como vimos ao longo deste trabalho, a promoção de redes é fundamental para a constituição dos sistemas de inovação. Assim, ter redes constituídas como um dos resultados de uma plataforma é um objetivo a ser perseguido.

compor a plataforma, além de outras avaliações sobre a melhor forma de organizá-los. Isto coloca também a necessidade de se contar com um núcleo de especialistas para apoio nesta e em outras atividades que se façam necessárias.

Organização dos termos de contratação

A questão que corre em paralelo à preparação da plataforma é a sua forma de contratação. Há três mecanismos básicos: editais competitivos amplos, editais competitivos restritos e contratação direta, de acordo com a conveniência do tema em questão. Assim, em um tema mais abrangente, no qual há grande competência instalada e para o qual se identifique múltiplas possibilidades de organização, seria interessante adotar editais competitivos amplos, sem direcionamento para um ou outro ator previamente identificado. Nos casos nos quais haja competência relativamente reduzida no país ou numa região (e não se tenha, no momento, como objetivo promover diversidade de competências), poder-se-ia adotar editais dirigidos a poucos atores (grupos), no estilo de cartas-convite. Finalmente, em situações nas quais se identifique um grupo de excelência (existente ou passível de ser organizado), pode-se adotar a contratação direta do grupo. Cada um dos formatos (amplo, restrito ou contratação direta) tem vantagens e desvantagens que devem ser analisadas tanto de um ponto de vista da viabilidade quanto do ponto de vista estratégico.

De toda forma, em qualquer dessas situações, os editais devem definir, tanto quanto possível, o escopo, os objetivos e os resultados esperados da organização de uma plataforma. São, portanto, editais dirigidos quanto ao conteúdo que se espera e mais ou menos dirigidos quanto a quem deverá executá-los. De toda forma, o mais importante é que as plataformas possam ser coordenadas pelo ator que se mostrar mais adequado, seja ele público ou privado. Não se deve restringir a contratação (e, portanto, a responsabilidade de coordenação) a atores públicos de pesquisa. A avaliação deve ser feita caso a caso.

Acompanhamento e avaliação dos projetos

Um ponto essencial na concepção desse modo de operação é a estrutura e o conceito que deve guiar o acompanhamento e a avaliação dos projetos contratados. Acompanhar e avaliar neste caso significa seguir atentamente não só a evolução dos projetos, mas fundamentalmente seus resultados. Se o que importa é obter resultados efetivos em termos de inovação, formação de redes e de outros arranjos coletivos, deve-se definir, já nos editais, os termos de acompanhamento e avaliação. O pessoal que faz o acompanhamento e a avaliação deve ser externo ao projeto e pago para esse fim. Ademais, deve-se prever mecanismos de correção de rumos para que se chegue o mais próximo possível dos resultados previstos.

5. IDENTIFICAÇÃO E DEFINIÇÃO DE DEMANDA, DE USUÁRIOS E DE TEMAS PARA O MONITORAMENTO DO AMBIENTE DE INOVAÇÃO E A FORMULAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Como visto acima, a definição do escopo do trabalho que se pretende desenvolver, dos atores a serem consultados e organizados em grupos, dos temas a serem

debatidos, a estruturação das formas de consulta (questionários, por exemplo), entre outros, são elementos de extrema importância para a obtenção de resultados coerentes. Tais questões são ponto de partida para qualquer atividade de pesquisa em prospecção. São descritos a seguir alguns conceitos que podem auxiliar na aplicação de qualquer um dos instrumentos acima descritos e que contribuem também para a homogeneização da linguagem e do entendimento dos diferentes aspectos quando da formação de grupos para discussão de algum tema ou estudo em proposição.

Tipos de demanda

Saber distinguir as diversas formas de demandas é essencial para focar bem o público-alvo tanto a ser estudado como a ser consultado. Abaixo, são apresentados quatro diferentes possíveis tipos de demanda:

Demanda corrente: pesquisas e serviços desenvolvidos e a desenvolver, desde que identificados e solicitados pelos usuários.

Demanda potencial: pesquisa ou prestação de serviços que necessita de instrumentos ou incentivos para motivar os usuários.

Demanda derivada: desenvolvimento de capacitações complementares, não conhecidas *ex-ante*. Novas linhas requerem avanços em áreas identificadas durante a execução dos projetos.

Demanda prospectiva: habilidades que se deseja desenvolver no futuro. Não há solicitação, procura ou motivação dos usuários. São as “apostas” para o futuro.

Classificação de usuários¹⁷

O mesmo ocorre no caso dos usuários – saber como este se comporta auxilia a determinar o escopo do trabalho e o perfil daqueles que podem ser consultados:

Usuários com necessidades de longo prazo e de curto prazo: permite definir o escopo do estudo e o tipo de usuário potencial;

Usuários com necessidades específicas e genéricas: permite identificar a dimensão das necessidades dos usuários, isto é, quais as necessidades mais “pervasivas”;

Usuários pró-ativos e reativos: permite definir usuários que procuram resultados de pesquisa e aqueles que não vão atrás até serem afetados por estes resultados; mostra também a importância da comunicação entre usuários e pesquisadores;

Usuários finais e intermediários: permite definir usuários que incorporam os resultados da pesquisa diretamente em uma inovação e aqueles que transformam os resultados da pesquisa, adicionando-lhe valor antes de passá-los para os usuários finais (ou outro intermediário).

Pode-se também propor uma discussão complementar sobre o perfil do usuário e/ou cliente de uma determinada tecnologia, a partir das contribuições de Rush *et al.*

¹⁷ A partir de MacLean; Anderson & Martin (1998).

(1996) e de MacLean *et al.* (1998). Apresenta-se a seguir (Quadro 5) uma matriz orientadora para tal qualificação. Nas linhas são descritas as características gerais e nas colunas o nível de atividade tecnológica própria dos clientes e usuários.

Quadro 5-Matriz de características gerais e níveis tecnológicos dos usuários/clientes

Características gerais dos usuários e/ou clientes	Nível tecnológico dos usuários ou clientes			
	P&D internalizada	com competência tecnológica	receptor de tecnologia	sem competência tecnológica
Necessidades de L. P.	+++	+++	+	+
Necessidades de C. P.	+	++	+++	+++
Necessidades específicas	++	++	+++	+++
Necessidades genéricas	+++	++	+	+
Pró-ativos	+++	++	+	+
Reativos	+	++	+++	+++
Usuários finais	+	++	+++	+++
Usuários intermediários	+++	++	++	+

Legenda: +++ alta relação; ++ média relação; + baixa relação.

L.P. significa longo prazo; C.P., curto prazo.

Fonte: elaborado a partir de Rush *et al.* (1996) e de MacLean *et al.* (1998).

Identificação de temas

Um dos objetivos de se identificar temas de forma precisa está na importância de se construir questionários que sirvam de instrumento para consultas às comunidades – tanto de especialistas, como de grupos maiores, com algum conhecimento sobre o assunto em pauta (por exemplo, para a construção de questionários para as rodadas Delphi), assim como para preparar reuniões presenciais e/ou montar plataformas tecnológicas.¹⁸ Tomando-se como exemplo a experiência de estudo sobre definição de prioridades num Centro de pesquisa agropecuário brasileiro (que entre outras áreas, trabalha também com biologia molecular)¹⁹, os passos para a definição de temas (e se desejar descer a um nível mais detalhado, pensar em tecnologias) e para o levantamento da importância estratégica de se desenvolver um ou outro tema/tecnologia podem ser os seguintes:

- consulta a um grupo reduzido de especialistas da área em questão para o primeiro levantamento de temas/tecnologias de pesquisa – tal consulta pode ser feita via reunião presencial, via questionário aberto, via lista com um primeiro esboço de temas, por exemplo;
- de posse do resultado desse trabalho, consulta a um grupo maior de especialistas (idem ao item anterior quanto à forma de consulta) para opinarem e avaliarem os temas/tecnologias propostos e para detalharem o conteúdo de cada

¹⁸ Para exemplos de alguns resultados de identificação de temas em biotecnologia, ver Anexo 4 sobre a experiência Cambiotec do México e o Anexo 5 sobre as tecnologias-chave identificadas no caso francês.

¹⁹ Para maiores detalhes, ver Salles-Filho *et al.* (1999).

tema/tecnologia (no caso do estudo do Centro de pesquisa, solicitou-se sugestões de tecnologias para cada um dos temas);

- pontuação (notas) dos temas (no caso da experiência anterior, as notas foram dadas às tecnologias) a partir de critérios (ainda quanto ao estudo anterior foram adotados três critérios; certamente que tal número pode e deve ser flexível a partir de cada caso).

Os critérios para triagem e hierarquização para temas/tecnologias já se pensando em trabalhos relativos à biotecnologia podem ser os seguintes, sem serem exaustivos e devendo ser utilizados caso a caso:

- Adequação sócio-econômica: qual o grau de adequação de sócio-econômica de aplicação de um tema e/ou tecnologia? Estes podem ter bastante interesse para o mercado, por exemplo, mas não serem convenientes para o desenvolvimento sócio-econômico de uma região e/ou comunidade. E, por exemplo, a maior nota para este critério poderia ser assim descrita “*Impacto essencial sobre os agentes sócio-econômicos*” e para as demais construir enunciados, conforme quadro a seguir.²⁰
- Factibilidade técnico-científica: qual a possibilidade de se desenvolver uma tecnologia do ponto de vista técnico-científico, mesmo que esta seja interessante do ponto de vista econômico, social, ambiental, para o desenvolvimento de novas competências etc.;
- Atratividade para o usuário/mercado: qual o grau de interesse de uma nova tecnologia para o mercado e para os usuários? É fundamental, nesse caso, o conhecimento das estruturas de mercado, a sua organização concorrencial, quem dita os preços e a sua dinâmica, entre outros;
- Adequação a diferentes aspectos (quanto ao meio ambiente, à biodiversidade, à biossegurança, à ética, entre outros): quão adequada é uma tecnologia em relação a diferentes aspectos, sejam eles relativos ao meio ambiente, sejam relativos à segurança do ambiente e/ou do cidadão, sejam relativos à ética tanto da ciência e da tecnologia, quanto à ética humana;
- Disponibilidade de financiamento (orçamento, Fundos, outras fontes): qual o grau de possibilidade de uma tecnologia obter recursos para o seu financiamento, tanto recursos orçamentários, quanto recursos junto a fontes externas de financiamento?;
- Potencial para a capacitação técnico-científica e organizacional: qual o nível de possibilidade de um tema e/ou tecnologia criar nova capacitação técnico-científica e/ou organizacional para os diferentes agentes envolvidos no processo inovativo?; quais as possibilidades de criação de patentes ou certificados de proteção (patentes, registros etc.), qual a possibilidade de choque ou de estímulo às leis de propriedade intelectual, por exemplo?;
- Oportunidades de desdobramentos técnico-científicos e de mercados: qual o grau de possibilidade de desdobramentos e de *spill overs* tanto em respeito à ciência e tecnologia, quanto ao desenvolvimento de novos mercado?;
- Capacidade de formar redes e contribuir para sistemas organizados: quão

²⁰ Um exemplo da construção dos enunciados para cada um dos critérios pode ser encontrada em Solleiro, J.L. Metodologías para la determinación de prioridades: la experiencia de CambioTec. ISNAR, 1997.

interativo e/ou integrado é o tema e/ou a tecnologia em questão? qual a possibilidade de se constituir redes e sistemas organizados entre os agentes inovativos e produtivos? qual a possibilidade de impacto nas cadeias produtiva e inovativa de um produto em questão?;

- Capacidade de redução de desigualdades regionais: qual o grau de possibilidade de se desenvolver determinada região geográfica do país e reduzir as desigualdades regionais existentes?.

Ou seja, pretende-se discutir qual o impacto do desenvolvimento de um determinado tema/tecnologia sobre uma comunidade, ou qual a sua adequação ética, social, ambiental, sobre as leis de propriedade intelectual e de biossegurança e biodiversidade; é possível desenvolvê-lo do ponto de vista técnico; seu desenvolvimento é algo atraente para o mercado; qual o grau de facilidade ou de dificuldade para o seu financiamento (tanto por organismos públicos ou privados ou mistos); qual a potencialidade de desdobramentos do conhecimento ou de outro aspecto que se julgar importante (mercado, por exemplo); qual a capacidade de formar redes e contribuir para sistemas organizados? Finalmente, um dos critérios importantes pode ser a capacidade de redução das desigualdades regionais – novamente afirma-se que a utilização dos critérios vai depender do objetivo/escopo do estudo em questão. Para cada um destes critérios são atribuídas notas de 1 a 5 para cada tema/tecnologia.

A escala para qualificar o nível de impacto pode ser a seguinte:

Escala	Tipo de impacto
5	Impacto essencial: sem essa área é impossível desenvolver tecnologia para essa aplicação
4	Alto impacto: os conhecimentos derivados dessa área orientam de maneira substancial a compreensão e a solução de problemas específicos na mesma e, em grande medida, apóiam o desenvolvimento da tecnologia
3	Impacto moderado: os conhecimentos derivados desta área apóiam a compreensão dos fenômenos, mas não são decisivos para o desenvolvimento da tecnologia para essa aplicação
2	Baixo impacto: os conhecimentos derivados desta área apóiam a compreensão de somente alguns fenômenos e sua importância é escassa para desenvolver tecnologia destinada a esta aplicação
1	Impacto desprezível: os conhecimentos derivados desta área são irrelevantes para o desenvolvimento de pacotes tecnológicos

Fonte: Solleiro, 1997.

As consultas para o levantamento e a pontuação de temas/tecnologias podem ser consideradas suficientes para a pesquisa – dependendo do objetivo proposto – ou servir para a construção dos questionários (como foi no caso da experiência anterior) que, por sua vez, servirão de base para a rodada de consulta a um público externo ampliado, uma rodada Delphi, por exemplo. É importante chamar atenção para um outro aspecto: a amplitude e equilíbrio da amostra sobre a qual será feita a consulta; por exemplo, se há mais acadêmicos que técnicos, ou mais empresários que agentes de organizações não governamentais, de quais áreas de atuação, de qual região geográfica do país, de qual área do conhecimento, de que nível e área de formação profissional etc.. Geralmente, é desejável buscar um equilíbrio entre os agentes a

serem consultados; caso isso não ocorra e se perceba que um desequilíbrio possa causar um resultado tendencioso, será necessário ponderar as respostas a partir do número de consultados de cada segmento sócio-econômico. Quanto à amplitude, esta está vinculada ao escopo do estudo em questão.

6. INSTRUMENTOS DE APOIO À DEFINIÇÃO DE POLÍTICAS EM BIOTECNOLOGIA: SUGESTÃO DE OPERACIONALIZAÇÃO

Foram descritas acima várias possibilidades de se apoiar a definição de políticas de promoção à biotecnologia em âmbito nacional. Tais possibilidades - balizadas pelos novos condicionantes que vêm influenciando o ambiente de geração, desenvolvimento e difusão de novas tecnologias e, não menos importante, da forma como se organizam a pesquisa e a inovação (pensa-se aqui, especialmente, na formação de redes) - sugerem, todas elas, sem exceção, que o exercício de desenvolvimento de ações relativas à biotecnologia volte-se, tanto quanto possível, à identificação e promoção das diferentes competências aí envolvidas; à articulação dessas competências entre os diferentes agentes que trabalham com o processo produtivo e inovativo em relação, no caso, à biotecnologia; à articulação das ações a serem ou já implantadas; ao monitoramento e à identificação de prioridades e oportunidades notadamente para a pesquisa; à organização de projetos e de programas e a um processo eficiente de avaliação dos métodos, dos projetos, dos programas, enfim do andamento do processo anteriormente definido.

Como também dito acima, qualquer dos instrumentos propostos é útil, devendo a escolha ser feita em razão do objetivo. As reuniões presenciais, por exemplo, podem ser o instrumento adequado para se estabelecer, num primeiro momento, uma rede de monitoramento e de política, dado ser esta uma ferramenta bastante indicada para a organização de arranjos coletivos. Aliás, chamou-se atenção nesse estudo justamente para essa característica da abordagem de redes – estas são, ao mesmo tempo, motivação e resultado, dado que promovem o aprendizado, podendo portanto ser utilizadas para diferentes fins – para promover um arranjo ou para identificar, mapear e analisar agentes já integrados.

Posteriormente, pode-se aplicar o método de consulta Delphi, ou pode-se fomentar a criação de plataformas tecnológicas, que também possibilitam arranjos coletivos, mas nesse caso com o intuito de definir, por exemplo, termos de orientação para a organização de projetos ou programas de pesquisa. Já os MAMD são úteis como mecanismo de apoio à decisão, em qualquer situação.

Em qualquer um dos casos, a definição do(s) agente(s) norteador(es) e coordenador(es) das ações é um dos aspectos de maior relevância, juntamente com a definição de objetivos claros e relevantes.

Descreve-se, a seguir, as etapas para a montagem de uma rede de monitoramento em biotecnologia.

Etapa 1 - Preparatória

1- Elaboração de documento básico contendo:

- proposta conceitual sobre a organização da pesquisa para a inovação e para o aprendizado e suas relações com o atual estágio de desenvolvimento da biotecnologia;
- primeiro levantamento de linhas prioritárias, a partir de panoramas nacional e internacional: nesse caso, é imprescindível que se leve em consideração as ações e programas em andamento em âmbito federal e estadual relativas à biotecnologia (por exemplo, hoje não se pode ignorar tanto o Programa do Genoma Nacional quanto aquele promovido pela Fapesp, em São Paulo); no caso internacional, pode ser feito um levantamento via internet ou via banco de dados existentes relativos à biotecnologia, como é o caso, por exemplo, do Banco de Dados em Biotecnologia do GEOPI/DPCT/Unicamp, que conta com mais de 3.000 entradas a partir de diferentes palavras-chave;
- primeiro levantamento de competências para pesquisa, desenvolvimento e inovação (pública e privada, nacional e internacional): no caso nacional, um dos mais importantes instrumentos de consulta é o Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq, para darmos somente um exemplo;
- primeiro levantamento de categorias de atores que participariam de uma rede de monitoramento: esse aspecto varia caso a caso, mas certamente há um núcleo geral que deve ser escolhido no momento a ser posto em prática o trabalho.

Quem faz: Gerência de biotecnologia do MCT, em articulação com grupos de pesquisa, programas, agências e associações.

2- Organização de fontes de informação em biotecnologia (tal etapa pode, na verdade, transcorrer em paralelo à execução da etapa preparatória):

- levantamento de fontes atualizadas de informação sobre tendências, prospectiva e avaliação de temas em biotecnologia: localização de *sites*, publicações, serviços especializados de informação etc.;
- catalogação e organização de banco de informação por temas: científicos, técnicos, negócios, política, gestão etc.;
- primeiro levantamento de temas a serem trabalhados: recursos humanos, cooperação internacional, leis de propriedade intelectual, de biossegurança, de biodiversidade, parque industrial, parque técnico-científico, comercialização, redes de inovação etc. (idem a nota de rodapé número 14).

Quem faz: terceirizado

A partir desse estágio, uma rede de monitoramento poderia ser assim constituída:

Etapa 2 - Organização de reuniões presenciais

A partir do documento preparatório, identificar categorias de atores para reunião presencial, com pauta específica, contendo:

- * proposta de quem deve participar da rede (representações e nomes);
- * proposta de mecanismo de interlocução, de expansão e consolidação da rede.
- * proposta de metodologia de monitoramento e levantamento de prioridades, prevendo fontes de informação, critérios de abordagem e métodos de decisão. Para o desenvolvimento desta atividade podem ser utilizados os critérios expostos no item 5. Esses critérios dividem-se em sub-critérios e indicadores e formam uma árvore de hierarquia para tomada de decisão.

Quem faz: gerência de biotecnologia do MCT, em associação com grupos de pesquisa, agências, programas e associações.

Etapa 3 - Consolidação da rede

Definidas as condições de trabalho e sistemática de operação da rede, implementar instrumentos que permitam a continuidade das ações:

- *Foresight* e seus instrumentos como conceito geral de formulação de políticas;
- Plataformas como mecanismo geral de organização de prioridades em temas específicos;
- Métodos multicritério como forma de hierarquizar e avaliar impactos e, portanto, de planejamento;
- Articulação interna do MCT para definição de prioridades (ProspeCTar, Fundos Setoriais, Institutos do Milênio);
- Introdução de sistemática de avaliação (nesse caso, a tarefa deve ser terceirizada).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Praticamente não houve mudança no contexto de interação entre os diferentes agentes da inovação em biotecnologia no Brasil: desde o início da década de 90, como apontado anteriormente por Salles-Filho e Bonacelli (1994) e Bonacelli (1996),

- a dinâmica evolutiva da moderna biotecnologia no Brasil tem se apoiado principalmente nos conhecimentos dos institutos e centros públicos de pesquisa e das universidades, que passam a conformar assim o nó das redes de inovação;
- são bastante raros os casos de interação entre empresas nacionais e entre estas e empresas estrangeiras. Neste último caso, prevalecem os acordos de transferência de tecnologia nos quais o procedimento é, no mais das vezes, unidirecional, sem criação de capacitação tecnológica suficiente para que a empresa nacional possa, posteriormente, empreender projetos próprios de maior envergadura;
- as relações têm muitas vezes um caráter informal, o que coloca problemas contratuais elementares (como por exemplo, de propriedade intelectual) que dificultam, quando não tornam estéreis, tentativas de ampliar a base interna de capacitação;
- analisando as relações entre os diversos tipos de redes e o caráter das interrelações existentes no país, podemos dizer no Brasil, as redes são de tipo

"disperso" (ver Callon, 1992a), pois mesmo existindo relações entre os atores, estas são de baixa densidade. As "traduções", que permitem passar de um registro a outro, da ciência à tecnologia, por exemplo, não têm se consolidado plenamente. Em contraste com a "rede convergente", na "rede dispersa" um determinado ator enfrenta dificuldades para mobilizar o resto da rede;

- este modelo se agrava pela existência de um pequeno número de laboratórios privados de pesquisa em nível nacional, o que, segundo Nelson (1993), geralmente constituem o ponto de convergência mais importante de um sistema de inovação;
- os investimentos privados, no caso das NEBs, estão geralmente orientados para nichos de mercado e nas grandes empresas para atividades bastante pontuais (quase que exclusivamente para a solução de problemas operacionais na produção, a partir de técnicas de nível intermediário de sofisticação), o que muitas vezes não permite uma aproximação maior entre estes dois agentes;
- os contratos e/ou convênios de organizações privadas se realizam, em sua grande maioria, com instituições públicas nacionais, revelando que as redes não são muito abertas ao exterior;
- o caráter cumulativo da capacitação técnico-científica interna - especialmente em biologia molecular, engenharia genética, entre várias outras - revela a importância do aprendizado contínuo das novas técnicas biotecnológicas, para afastar o risco do país encontra-se numa situação de dificuldade para acompanhar a evolução da biotecnologia em nível mundial.

Em resumo, são as instituições públicas de pesquisa e universidades que se encontram no centro das redes, enquanto que a dinâmica da inovação exige que os laboratórios privados tenham um papel mais direto e decisivo no processo. Os investimentos privados têm sido orientados para nichos de mercado e/ou para atividades bastante pontuais e a pesquisa se concentra num nível intermediário de sofisticação tecnológica, com raras exceções. As relações interempresariais são bastante frágeis e em muitos casos informais.

No entanto, nos últimos anos estamos assistindo a uma revolução quanto à organização da pesquisa pública com as redes para o desenvolvimento de genomas – o mais conhecido é a rede financiada pela Fapesp, tendo sido lançada nesses últimos dias a versão nacional – o Programa Genoma Nacional, pelo MCT, com sete grupos regionais e um investimento de R\$ 26 milhões. Os impactos desta nova forma de organização devem ser melhor monitorados, mas desde logo pode-se notar algumas modificações no comportamento dos pesquisadores, cada vez mais afeitos a atuação em equipes.

Por sua vez, “a questão do financiamento é decisiva para a multiplicação do investimento nessa área. E não é qualquer fonte de financiamento que permite às empresas sustentar projetos de médio a longo prazo de maturação. Não se espera que o Brasil desenvolva, da noite para o dia, um mercado de ações que dê atenção a empresas de alta tecnologia, ou mesmo que o capital de risco prolifere a ponto de prover as necessidades dos empresários. Claro que é preciso que o país desenvolva essa vertente financeira (até por uma questão de competitividade futura, e não apenas da biotecnologia), mas enquanto isso engatinha, é preciso recorrer a outras formas de financiamento” (Bonacelli e Salles-Filho, 2000). No caso das linhas de financiamento para capital de risco, a Finep possui um novo programa – o INOVAR

– que visa incentivar a aproximação entre empreendedores e investidores interessados em iniciativas de alto risco. Mais de 50% dos recursos para capital de risco das instituições financeiras são destinados às áreas de telecomunicações e de novas mídias. A biotecnologia não possui uma linha de crédito própria, estando incluída em “outros”, cujo percentual é de 9%; porém, dada a sua importância, ela deve ser contemplada como um item isolado para o financiamento (Venture Forum, 2001).

Faz-se, portanto, imprescindível que o Governo brasileiro se empenhe em manter e em ampliar as políticas que vêm sendo implementadas, por exemplo, via Fundos Setoriais e vários tipos de programas (como o de Biotecnologia e Recursos Genéticos e o Programa Genoma Nacional, do MCT), para que seja criado e/ou mantido um contexto propício para interações entre os diferentes agentes dos processos inovativo e produtivo e das redes técnico-científicas e de monitoramento, pois estes tipos de arranjos de sustentação financeira e inovativa são cada vez mais importantes para o desenvolvimento da biotecnologia nos dias atuais. Além disso, é também recomendável a interação dessas ações com outras que se encontram em andamento, como o ProsPectar e o do Institutos do Milênio, sem esquecer de programas de outros Ministérios, de outras agências e institutos federais, que com uma coordenação mais ampla podem alcançar o desenvolvimento pleno de seus objetivos.

Do ponto de vista metodológico, é necessário que a formação de redes de inovação seja compreendida não como uma falha dos mecanismos de mercado ou de eficiência das firmas, nem como uma simples forma de reduzir custos e riscos, mas como um modelo cada vez mais pertinente pelas próprias características do processo de inovação. A partir desse ponto de vista, muda de configuração a própria concepção de projeto de pesquisa – não é mais adequado pensar no desenvolvimento da moderna biotecnologia a partir da ótica linear, que parte da base científica para alcançar à pesquisa aplicada e depois o desenvolvimento tecnológico e o mercado. E nem de forma inversa, ou seja, acreditar que o mercado, sozinho, é capaz de apontar as inovações, as instituições e os arranjos institucionais mais eficientes e/ou eficientes para a promoção dos setores baseados em grande sofisticação tecnológica.

Não há mais espaço para esse tipo de conduta. O importante é ter em mente que a dinâmica do processo inovativo demanda cada vez mais uma maior interação entre instituições públicas, privadas e governamentais, na qual a organização de redes (virtuais ou não, de inovação, ou de monitoramento ou para a formulação de políticas/ações) é um dos elementos-chave.

Além disso, também é importante para os órgãos de promoção e/ou incitação do processo inovativo, que exista em mãos um leque de opções metodológicas aplicável de acordo com o projeto que se pretenda promover. Este foi o propósito desse estudo – apontar as novas formas de organização da pesquisa e da inovação, e as abordagens e os instrumentos para a formulação de políticas públicas para promoção da moderna biotecnologia no Brasil, em especial os métodos de monitoramento.

No entanto, para a efetiva implementação dos métodos aqui mencionados deve-se levar em consideração o tempo e os recursos disponíveis, a forma de incitação dos interlocutores a serem consultados, a forma de interação de tais especialistas, a capacidade do alcance da proposta e do escopo a serem atingidos, os tipos de demanda e de usuários em questão, as oportunidades de desdobramento técnico-científicos e de criação de novos mercados, entre outros aspectos.

O desafio que permanece é encontrar para cada ação política a ser desencadeada, os mecanismos de incentivo que permitirão que as redes acopladas a instrumentos de monitoramento, prospecção e identificação de prioridades possam ser mantidas enquanto instrumento de política, ou seja, como fazer com que uma rede uma vez identificada por métodos cartográficos diversos ou decorrente da organização de uma plataforma tecnológica possa ter sua continuidade mantida para monitoramento das tendências em biotecnologia. A discussão dos mecanismos de incentivo é, neste sentido, essencial para sua implementação.

Anexo 1 – Listagem de temas

(a partir de buscas em *sites* e em artigos de casos internacionais)

- a) *Linhas de pesquisa fundamental*: engenharia genética, proteínas recombinantes, análise estrutural de materiais biológicos, regulação de expressão de genes em células eucarióticas, *signal transduction*, mecanismos de diferenciação em sistemas imunes, proliferação e propagação de vírus, vetores virais; biologia estrutural e mecanismos de expressão gênica.
- b) *Estudos de genômica*: seqüenciamento, genoma estrutural, genoma funcional, genômica microbiana, genômica comparativa, genômica mitocondrial, genômica computacional, genômica funcional. Decodificação do genoma de patógenos.
- c) *Estudos de proteômica*: bioquímica, estrutura de proteínas, conformação de proteínas, modelagem molecular, caracterização biofísica de enzimas.
- d) *Biotecnologia vegetal*: melhoramento molecular de recursos biológicos, melhoramento assistido por marcador, vacinas vegetais, tecnologia de cultura de tecidos, plantas transgênicas, fusão de protoplastos. Mas também controle biológico de pragas, bioinseticidas, manejo de resistência, epidemiologia e conservação *in vitro*, conservação de germoplasmas, identificação de cultivares, e produção de alimentos modificados.
- e) *Melhoramento animal*: melhoramento genético, animais transgênicos, conservação de embriões.
- f) *Área de saúde e ciências da vida*: engenharia biomédica, biotecnologia humana, hormônios de crescimento humano recombinantes, anticorpos monoclonais, antisoros, vacinas de DNA, imunoterapia, inoculantes, reagentes para imunodiagnóstico. Inclui também os estudos sobre fármacos: moléculas biologicamente ativas, farmacogenômica, desenvolvimento de produtos farmacêuticos e fitoterápicos. Terapia para doenças genéticas e envelhecimento. Os estudos envolvem diferenciação celular, estrutura subcelular. Pesquisas fundamentais básicas em neurobiologia: técnicas de imagens para estudos funcionais do cérebro e pesquisa em neurociência (que envolve desde neurobiologia molecular e funcional até neurociência cognitiva e neuroinformática).
- g) *Meio ambiente*: biotecnologia ambiental, preservação e biodiversidade, monitoramento ambiental, biosensores, tratamento e/ou aproveitamento de resíduos, contaminação ambiental, estudos de avaliação *ex-ante* de meio ambiente e biossegurança. Inclui a bioprospecção, conservação de biorecursos por meio de desenvolvimento de métodos biológicos de remediação ambiental. Mas também desenvolvimento de tecnologias para produção de bioenergia (hidrogênio e etanol) e de técnicas variadas de autosustentabilidade.
- h) *Bancos de genes*: aquisição, manutenção, preservação, etc. de coleções de microorganismos, diminuição da dispersão de bancos de germoplasma, recursos genéticos e bases de dados contendo dados científicos de seqüências de DNA, etc.

- i) *Bioinformática*: desenvolvimento de bases de dados, bibliotecas eletrônicas. Podem ser bases de dados contendo literatura (artigos, teses, patentes, relatórios), estratégias de marketing, desempenho de novos produtos, expert resources. Envolve também os estudos sobre metodologias de datamining.
- j) *Kits diagnóstico*: kits de imunoenaios, kits para diagnóstico médico, produção de kits.
- k) *Avaliação ex-post de biossegurança e biopotency*: avaliação em testes preclínicos.
- l) *Testes clínicos*: programas de educação e treinamento para testes clínicos em escolas médicas e hospitais para melhorar a credibilidade internacional e estabelecer um *framework* nacional.
- m) *Biomateriais*: desenvolvimento de novos biomateriais funcionais (novos biofarmacêuticos e outros materiais de origem biológica, para trabalhos em *screening*, isolamento e identificação de novos biomateriais e sua melhoria e produção em larga escala) e de aplicações industriais de funções biológicas (estímulo à participação industrial no desenvolvimento da biotecnologia com aperfeiçoamento de bioreatores, biosensores, biochips e processos).
- n) *Capacitação de recursos humanos*: o aspecto mais importante aqui é, primeiramente, definir para que, por que, quem e por quem. Por exemplo, a criação de disciplinas de especialização em biologia computacional (Biologia Molecular para Ciências Exatas I e II), pelos Institutos de Biologia e Computação, da Unicamp, para a formação de profissionais com conhecimento e prática nesses duas especialidades: biologia e computação.
- o) *Sistemas institucional e legal*: formalização de leis, normas, certificações, rotulagem, entre outros, em propriedade intelectual, biossegurança, alimentos transgênicos etc., para a promoção do desenvolvimento da biotecnologia.
- p) *Transferência de tecnologia*
- q) *Estudos prospectivos para monitoramento, avaliação e definição de prioridades*
- r) *Cooperação internacional*
- s) *Desenvolvimento de pequenas e médias empresas*
- t) *Gestão de produtos, de processos e financeira*

Anexo 2 – Ações da FRANCE BIOTECH

Elas estão articuladas em torno dos seguintes eixos:

- criação de um ponto de contato permanente junto a pesquisadores e empreendedores para a divulgação de informações adequadas e para a assistência para a criação e desenvolvimento de empresas de biotecnologia;
- difusão de informações sobre diferentes assuntos, sob a forma de documentos escritos ou eletrônicos ou ainda por meio de organização de seminários e conferências;
- grupos de reflexão sobre assuntos relativos à criação e desenvolvimento de empresas de biotecnologia;
- edição de um anuário de empresas de biotecnologia e seu ambiente;
- colóquios anuais.

A FRANCE BIOTECH é uma associação profissional cujo objetivo é o relançamento e o desenvolvimento da indústria francesa de biotecnologia. A vocação da FRANCE BIOTECH é a de facilitar o desenvolvimento da indústria de biotecnologia na França, por meio de quatro missões principais:

- ser uma força de proposição junto aos poderes públicos e organizações econômicas para fazer evoluir rapidamente um ambiente jurídico e econômico ainda mais favorável às empresas de biotecnologia;
- ser um exemplo para suscitar a vocação de empreendedores e a criação de empresas de biotecnologia por pesquisadores e técnicos de empresas e de laboratórios públicos ou privados;
- ser um local de troca de informações entre empreendedores em biotecnologia;
- ser o interlocutor das associações e sociedades de biotecnologia estrangeiras, a fim de trazer conceitos úteis à indústria francesa de biotecnologia.

As seguintes ações são seu alvo:

- consultas junto a empresas de biotecnologia, poderes públicos e organizações econômicas para propor medidas concretas e de efeito rápido;
- promoção ativa da criação de empresas de biotecnologia por meio de seminários e de encontros nos laboratórios públicos e privados;
- reuniões e encontros regulares entre os interessados a fim de partilhar a experiência de cada um;
- missão de representação internacional, particularmente na Grã-Bretanha, Alemanha, EUA e Japão.

Anexo 3 – Rede ONSA (*Organization for Nucleotide Sequence and Analysis*)

Em 1997, a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) lançou um programa de pesquisa genômica com o objetivo de seqüenciar o genoma completo da bactéria fitopatogênica *Xyllela fastidiosa*, o agente causal da clorose variegada do citrus, doença que afeta 30% dos laranjais paulistas, causando danos estimados em US\$ 50 milhões/ano.

Dentro desse escopo, foi estruturada a rede ONSA, com cerca de 180 pesquisadores, estudantes e técnicos e 23 laboratórios de seqüenciamento localizados nas três universidades estaduais paulistas, USP, UNICAMP e UNESP, no Instituto Agrônomo de Campinas, Instituto Biológico e 3 universidades privadas: UNIVAP, Unaerp e Universidade de Mogi das Cruzes.

Na realidade, a rede ONSA é um instituto virtual, dado que os pesquisadores, espalhados pelas diversas instituições do estado, trabalhavam no seqüenciamento através da Internet, fato permitido com a instalação de um laboratório de bioinformática na Unicamp. A seqüência completa da bactéria foi alcançada em fevereiro de 2000. Foi o primeiro microorganismo fitopatogênico a ser seqüenciado.

Outros três projetos foram lançados aproveitando-se a rede formada: o genoma da cana de açúcar, o genoma humano do câncer e o genoma da *Xanthomonas citri*, bactéria causadora do cancro cítrico. Outros grupos, não só paulistas (de Pernambuco, Alagoas, Rio Grande do Norte, Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Paraná), foram integrados à rede. Além dos trabalhos de seqüenciamento, a rede ONSA, que conta atualmente com cerca de 500 pesquisadores, estudantes e técnicos, está também trabalhando com análise funcional de genomas de plantas e microorganismos para a agricultura, tanto para o contexto brasileiro, como para um projeto americano, que visa o seqüenciamento da bactéria causadora da doença de Pierce, que tem atacado as videiras da Califórnia.

Abaixo são apresentadas as Instituições Participantes da Rede ONSA do Projeto Genoma da Cana-de-Açúcar – SUCEST.

Instituições Participantes da Rede ONSA/SUCEST		
Instituição	Departamentos, Centros, Seções, Núcleo, Laboratórios e Outros	Frequência com que aparece na rede
COPERSUCAR - Copersucar	Centro de Tecnologia Copersucar	4
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Embrapa Milho e Sorgo	2
IAC - Instituto Agrônomo de Campinas	Centro de Citricultura Sylvio Moreira/SAGRSP Cordeirópolis - SP	2
IAC - Instituto Agrônomo de Campinas	Centro de Genética, Biologia Molecular e Fitoquímica - Campinas - SP	4
IB - Instituto de Botânica	Seção de Fisiologia e Bioquímica de Plantas	2
IPA - Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária	Laboratório de Genoma	4
LNLS - Lab. Nacional de Luz Síncrotron	Centro de Biologia Molecular Estrutural	2
PUCPR - Pontifícia Universidade Católica do Paraná	Centro de Ciências Agrárias e Ambientais	2
UENF - Universidade Estadual do Norte Fluminense	Centro de Ciência e Biotecnologia	2
UESC - Universidade Estadual de Santa Cruz	Departamento de Biologia	2
UFAL - Universidade Federal de Alagoas	Centro de Ciências Agrárias (CECA) – Lab. de Biotecnologia Rio Largo - AL	4
UFPE - Universidade Federal de Pernambuco	Departamento de Genética	2
UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro	Departamento de Bioquímica Médica/Instituto de Ciências Biomédicas	3
UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro	Departamento de Genética	2
UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte	Biologia Celular e Genética	2
UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco	Departamento de Biologia - Área de Genética - Recife - PE	4
UFSCAR - Universidade Federal de São Carlos	Depto. de Biotecnologia Vegetal/Centro de Ciências Agrárias Araras - SP	3
UFSCAR - Universidade Federal de São Carlos	Depto. Genética and Evolução São Carlos - SP	2
UFSCAR - Universidade Federal de São Carlos	Depto. Ciências Fisiológicas	1
UMC - Universidade de Mogi das Cruzes	Núcleo Integrado de Biotecnologia Cívico Mogi das Cruzes - SP	4
UNAERP - Universidade de Ribeirão Preto	Departamento de Biotecnologia de Plantas Medicinais - Ribeirão Preto - SP	4
UNESP - Universidade Estadual Paulista	Departamento de Defesa Fitossanitária/Fazenda Lageado/Fac. de Ciências Agrônomicas Botucatu – SP	4
UNESP - Universidade Estadual Paulista	Departamento de Genética/Instituto de Biociências Botucatu - SP	6
UNESP - Universidade Estadual Paulista	Centro de Estudos de Insetos Sociais/Inst. Biociências Rio Claro Rio Claro - SP	5
UNESP - Universidade Estadual Paulista	Depto. Tecnologia/Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal - SP	5
UNESP - Universidade Estadual Paulista	Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária Jaboticabal - SP	5
UNESP - Universidade Estadual Paulista	Departamento de Ciências Biológicas	2
UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas	CBMEG - Centro de Biologia Molecular e Engenharia Genética	8
UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas	Laboratório de Bioinformática/Instituto de Computação	3
UNIVAP - Universidade do Vale do Paraíba	Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento - IP&D São José dos Campos - SP	3
USP - Universidade de São Paulo	Laboratório de Melhoramento de Plantas/Centro de Energia Nuclear na Agricultura - Piracicaba - SP	2
USP - Universidade de São Paulo	Dept. Agricultural Entomology, Plant Pathology and Zoology/ESALQ – Piracicaba	3
USP - Universidade de São Paulo	Instituto de Física de São Carlos	3
USP - Universidade de São Paulo	Departamento de Botânica/Instituto de Biociências - SP	2
USP - Universidade de São Paulo	Dept. Ciências Biológicas/ESALQ Piracicaba	5
USP - Universidade de São Paulo	Animal Production/ESALQ Piracicaba – SP	3
USP - Universidade de São Paulo	Departamento de Bioquímica/Instituto de Química São Paulo - SP	9
USP - Universidade de São Paulo	Departamento de Biologia/FFCLRP – Fac. de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto	4
USP - Universidade de São Paulo	Depto. Ciências Farmacêuticas/Fac. De Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto	2
USP - Universidade de São Paulo	Depto. de Solos e Nutrição de Plantas - ESALQ Piracicaba - SP	2
USP - Universidade de São Paulo	Departamento de Genética - ESALQ Piracicaba – SP	2
USP - Universidade de São Paulo	Departamento de Microbiologia/Inst. de Ciências Biomédicas São Paulo – SP	1

Fonte: site Fapesp

Anexo 4 - Áreas Potenciais para o Desenvolvimento da Biotecnologia: a experiência do CamBioTec

Áreas genéricas de conhecimento para o desenvolvimento de pacotes biotecnológicos nos setores agrícola, animal e agroindustrial

Setor Agrícola	Setor Animal	Setor Agroindustrial
Disciplina Básicas		
Biologia molecular Biologia celular microbiologia Bioquímica Biofísica	Biologia molecular Biologia celular microbiologia Bioquímica Biofísica Fisiologia animal Imunologia Epidemiologia	Biologia molecular Biologia celular microbiologia Bioquímica Biofísica
Disciplinas técnicas de apoio		
Conservação de gens Cultivo de tecido/propagação Técnicas agrônômicas Fitomelhoramento Biologia molecular de plantas (seleção, transferência e expressão de gens em plantas) Relação planta-microorganismo Controle biológico Técnicas de diagnóstico Técnicas de avaliação de cultivos e produtos Cultivo de células in vitro	Técnicas de imunização animal Técnicas de diagnóstico (anticorpos monoclonais, antiidiotópicos) Reprodução e transferência de embriões Técnicas de produção animal (crescimento, eficiência) Biologia molecular em animais (identificação, transferência e expressão de gens) Zootecnia Cultivo de células in vitro Engenharia de bioprocessos Métodos analíticos Controle de qualidade	Bioengenharia Engenharia enzimática Tecnologia de fermentação Bioseparações Microbiologia industrial Simulação e controle de processos Micropropagação Anticorpos monoclonais Desenho de equipamentos e instrumentação
Conhecimentos gerenciais de apoio		
Manejo de informação técnica e de mercado Prospectiva e avaliação tecnológica Administração de projetos e engenharia industrial Gestão da transferência tecnológica Manejo da propriedade intelectual Gerência de produto Gerência financeira Planejamento estratégico	Manejo de informação técnica e de mercado Prospectiva e avaliação tecnológica Administração de projetos e engenharia industrial Gestão da transferência tecnológica Manejo da propriedade intelectual Gerência de produto Gerência financeira Planejamento estratégico	Manejo de informação técnica e de mercado Prospectiva e avaliação tecnológica Administração de projetos e engenharia industrial Gestão da transferência tecnológica Manejo da propriedade intelectual Gerência de produto Gerência financeira Planejamento estratégico

Fonte: Solleiro, 1997

Anexo 5 - Áreas Potenciais para o Desenvolvimento da Biotecnologia: as “Technologies-clés 2005”, do caso francês

As tecnologias-chave apresentadas abaixo são resultantes de um trabalho de prospectiva tecnológica realizado na França – Tecnologia-clés 2005 (OST, Ministère de l’Economia, des Finances et de l’Industrie, 2000), que apontou um rol de tecnologias prioritárias a serem desenvolvidas nesse país até o ano de 2005. Entre as 8 grandes áreas a serem priorizadas, uma delas é a tecnologia dos seres vivos, saúde e agroalimentar (technologies du vivants, santé et agroalimentaire). Nota-se que nem todas as tecnologias apontadas nessa grande área estão estreitamente relacionadas com a moderna biotecnologia, porém, de qualquer forma, vale a pena observar tal resultado.

Tecnologias-chave	Exemplos de setor de aplicação
Engenharia de proteínas	Farmácia, Enzimas Industriais, Agroalimentar, Agricultura
Transgênicos	Farmácia, Medicina, Agricultura, Indústrias Alimentares, Meio ambiente, Setor de Extração de Minério, Petróleo
Detecção e análise dos riscos para o meio ambiente ligados aos OGM	Agroalimentar, Saúde, Agricultura, Aquicultura
Terapia Genética	Saúde
Clonagem de animais	Saúde, Agricultura, Farmácia
Identificação de moléculas ativas	Farmácia, Agroquímica
Transplante de órgãos	Saúde
Terapia celular	Saúde
Órgãos bio-artificiais	Saúde
Imagem médica	Medicina, Farmácia
Cirurgia assistida por computador	Medicina
Miniaturização dos instrumentos de pesquisa médica	Medicina, Farmácia
Rastreabilidade	Agricultura, Indústria Agroalimentar
Marcadores metabólicos dos alimentos	Agricultura, Indústria Alimentícia
Tecnologias para a preservação da qualidade dos alimentos	Agricultura, Indústria Alimentícia
Biocápsulas, biochips	Saúde, Farmácia, Agricultura, Agroalimentar, Meio Ambiente

BIBLIOGRAFIA

- Albuquerque & Salles-Filho (coord.) et al. *Determinantes das Reformas Institucionais, Novos Modelos Organizacionais e as Responsabilidades do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária*. Estudo realizado para a Secretaria de Apoio aos Sistemas Estaduais da Embrapa, 1998.
- Arrow, K. The economic implications of learning by doing. *Review of Economic Studies*, XXIX (3), n. 80, jun 1962. p. 155-173.
- Bell, G. e Callon, M. Techno-economic networks and science and technology policy. *Science, Technology and Industry*, n. 14, OECD, Paris.
- Bonacelli, M.B.M. *Dynamiques concurrentielles et particularités nationales dans le cas de la biotechnologie*. Tese de doutorado. Université des Sciences Sociales, Toulouse, França, 420 p., 1996.
- Bonacelli, M. B. e Salles-Filho, S. L. M. As especificidades no processo de mudança tecnológica: uma análise aplicada ao caso da biotecnologia. *ANPEC*, Encontro Nacional de Economia, Águas de Lindoya, SP, dezembro de 1996.
- Bonacelli, M.B.M. e Salles-Filho, S.L.M. Estratégias de inovação no desenvolvimento da moderna biotecnologia. *Cadernos Adenauer*, n. 8, 2000, Fundação Konrad Adenauer, SP., 2000.
- Brito Cruz, C.H. Desafios nacionais em C&T&I. *mimeo*, 2000.
- Britto, J. Cooperação inter-industrial e redes de sub-contratação: uma análise do modus operandi das relações de parceria. *Textos para discussão*, n. 355. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia Industrial, 1996.
- Callon, M. Externalités et politiques publiques: le point de vue d'un sociologue. Paris, 1995 (transcription d'un exposé).
- Callon, M. The dynamics of techno-economic networks. In: Coombs, R.; Saviotti, P. e Walsh, V. (eds) *Technological change and company strategies*. London: Academic Press, 1992a. p. 72-102
- Callon, M. Variété et irréversibilité dans les réseaux de conception et d'adoption des techniques. In: Foray, D. & Freeman, C. (eds) *Technologie et richesse des nations*. Paris: Economica, 1992b.
- Callon, M. et al. La gestion stratégique de la recherche et de la technologie – l'évaluation des programmes. Paris: *Economica*, 1995
- Cassiolato, J.E. & Lastres, H.M.M. Local systems of innovation in Mercosur countries. *Industry and Innovation*, v.7, n.1, 33-53, June 2000
- CNPq, Diretório dos Grupos de Pesquisa, *homepage*.
- Coase, R. The nature of the firm. In: Williamson, O.E. and Winter, S.G. (eds) *The nature of the firm: origins, evolution and development*. Oxford University Press, 1993 (reimpressão do artigo publicado em 1937 na revista *Economica*).
- Coates, J. F. Foresight in Federal Government Policy Making. *Futures Research Quarterly*, v. 1, p. 29-53, 1985.
- Coréia do Sul. Ministério de Ciência e Tecnologia. Korean Initiative for

- Biotechnology Development (1994-2007), 2000. 39p. (mimeo)
- Dal Poz, M. E . A Rede de Inovações em Genômica nos Estados Unidos. *Redes*. Aceito ago. 2000.
- Dosi, G.; Marsili, O.; Orsenigo, L. e Salvatore, R. Learning, market selection and the evolution of industrial structures. *Small Business Economics*, 7, p. 1-26, 1995.
- Edquist, C. (ed) *Systems of innovation: technologies, institutions, and organizations*. London: Pinter, 1997.
- Edquist, C. (ed) *Systems of innovation: CD-Rom com resultados da pesquisa*, 1998
- Ernst & Young, 2000.
- Fonseca, M.G.D., Silveira, J.M.F.J. e Salles-Filho, S.L.M. Recent biotechnology development: challenges and opportunities to the consolidation of its knowledge “building blocks”. *4th International Conference on Technology, Policy and Innovation*, Curitiba, agosto de 2000.
- Freeman, C. 1995 The national system of innovation in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19 (1), 5-24 *apud* Edquist, 1997 .
- Freeman, C. Japan: a new national system of innovation? In: Dosi, G. et al. (orgs) *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter Publishers, 1988. pp. 330-48.
- Freeman, C. *Technology policy and economic performance: lessons from Japan*. London: Pinter Publishers, 1987.
- Galimberti, I.; Senker, J; e Sharp, M. Cooperative Alliances and Internal Competences: some case studies in biotechnology. SPRU, University of Sussex, *draft*, 1994.
- Georghiou, L. The United Kingdom Technological Foresight Programme. *Futures*, v. 28, n. 4, pp. 359-377, 1996.
- Gibbons *et al.* *The new production of knowledge*. London: Sage, 1994.
- Gray, 1993, *apud* Stal, 1997
- Guedes, T. Redes de inovação tecnológica e política de C&T. São Paulo, Universidade de São Paulo, NPGT, 1999. Ciclo de Seminários de Pesquisa em 26/05/1999.
- Gupta, U. G. e Clarke, R. E. Theory and Applications of the Delphi Technique: A Bibliography (1975-1994). *Fechnological Forecasting and Social Change*. n. 53, p. 185-211, 1996.
- Johnson, B. Institutional learning. In: Lundvall, B.-A. (ed) *National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning*. London: Pinter, 1992.
- Lastres, H. M. *et al.* Globalização e inovação localizada. In Cassiolato, J. E. & Lastres, H. M. (ed.) *Globalização e Inovação Localizada: experiências de sistemas locais no Mercosul*. IEL/Confederação Nacional da Indústria, Brasília, 1999, p. 39-71.
- Linstone, H. A. e Turoff, M. (eds.) *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1975.

- Lundvall, B. A. Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation. In: DOSI, G. *et al.* (eds) *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter Publishers, 1988.
- Lundvall, B.-A. (ed) *National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning*. London: Pinter, 1992.
- MacLean, M.; Anderson, J. & Martin, B. Identifying research priorities in public-sector funding agencies: mapping science outputs onto user needs. *SPRU Publications Officer*, jan. 1998.
- Martin, B. R., Anderson, J. e MacLean, M. Identifying Research Priorities in Public-Sector Funding Agencies: Mapping Science Outputs onto User Needs. *Technology Analysis and Strategic Management*, v. 10, 1998.
- Martin, B. R. e Irvine, J. *Research Foresight – Priority-Setting in Science*. Pinter Publishers, London, 1989.
- MCT, Ministério da Ciência e da Tecnologia, *homepage*
- MCT, Ministério da Ciência e da Tecnologia, Secretaria Executiva, 2001.
- Nelson, R. (ed) *National Innovation Systems*. New York: Oxford University Press, 1993
- Nelson, R. e Winter, S. (1982) *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Nohria, N. Is a network perspective a useful way of studying organizations? In: Nohria, N. e Eccles, R.G. (ed.) *Networks and organizations: structure, form and action*. Boston, Mass., Harvard Business School Press, 1992, p.1-22.
- OST, Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie de la France, *Technologies-clés 2005*, 2000.
- Porter, M. *The competitive advantage of nations*. New York: The Free Press, 1990.
- Rosenberg, N. *Inside the black box: technology and economics*, Cambridge University Press, London, 1982.
- Roy e Bouyssou. *Aide Multicritère à la Décision: Méthodes et Cas*. Economica, Paris, 1993.
- Rush, H. *et al.* *Technology institutes: strategies for best practice*. London: International Thomson Business Press, 1996.
- Salles-Filho, S.L.M. *A Dinâmica Tecnológica da Agricultura: perspectivas da biotecnologia*. Tese de Doutorado, IE/UNICAMP, Campinas, 252 p., 1993.
- Salles-Filho, S.L.M. e Bonacelli, M.B.M. Capacité technologique et investissements privés dans la biotechnologie agricole au Brésil. Orstom/Unesco, Colóquio *Les Sciences Hors D'Occident Au XXe Siècle*, Paris, set. 1994.
- Salles-Filho, S. L. M.; Albuquerque, R. H. P. L.; Kageyama, A.; Bonacelli, M. B. M.; Zackiewicz, M. *Estudo de Priorização das Atividades de Pesquisa do CNPSA – Embrapa Suínos e Aves*. Relatório Final. Campinas: DPCT/IG/Unicamp, 1999.
- Solleiro, J. L. Metodologia para la determinación de prioridades: la experiència de

- CamBioTec. In: Komen, J.; Falconi, C. & Hernández, H. *Transformación de las Prioridades en Programas Viables*. IBS/ISNAR/CamBioTec, México, 1997, p. 25-34
- Stal, E. *Centros de pesquisa cooperativa: um modelo eficaz de interação universidade-empresa?* Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, USP, São Paulo, 1997. (tese de doutoramento).
- Teece, D. Profiting from technological innovation: implications for integration, collaboration, licensing and public policy. *Research Policy*, v. 15, n. 6, pp. 285-305, 1986.
- Teece, D.J.; Pisano, G. e Shuen, A. Dynamic capabilities and strategic management, 1992. 50p. (*draft version*).
- Teece, D. e Pisano, G. The Dynamic Capabilities of Firms: an Introduction. In: Dosi, G., Teece, D. E Chytry (eds) *Technology, Organisation and Competitiveness*. Perspectives on Industrial and Corporate Change, Oxford University Press, 1998.
- Webler, T. *et al.* A Novel Approach to Reducing Uncertainty: The Group Delphi. *technological forecasting and Social Change*, n. 39, p. 253-263, 1991.
- Zackiewicz, M. *A definição de prioridades de pesquisa a partir da abordagem de technological foresight*. Dissertação de Mestrado. Campinas, IG/Unicamp, 2000.